

# GIDA

*THE JOURNAL OF FOOD*



E-ISSN 1309 - 6273, ISSN 1300 - 3070

CİLT / VOLUME : 48

SAYI / NUMBER : 4

YIL / YEAR : 2023

**GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ YAYINI**

*PUBLISHED BY THE ASSOCIATION OF  
FOOD TECHNOLOGY IN TURKEY*

**Sahibi / Owner**

Gıda Teknolojisi Derneği Adına / On behalf of the Association of Food Technology; Turkey

Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN

Yönetim Kurulu Başkanı / President of the Association

**Baş Editör / Editor-in Chief**

ERİNÇ, Hakan; Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey

**Editörler / Editors**

AVCI, Ayşe; Sakarya University, Turkey  
AYDIN, Furkan; Aksaray University, Turkey  
ÇAKIR, İbrahim; Bolu Abant İzzet Baysal University, Turkey  
ÇOLAKOĞLU, A. Sinan; Kabramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey  
DEMİRKESEN MERT; İlkem, Ministry of Agriculture and Forestry, Turkey  
DEMİROK SONCU, Eda; Ankara University, Turkey  
EYİLER, Esen; Akdeniz University, Turkey  
KULEAŞAN, Şükran; Mehmet Akif University, Turkey  
TORUN, Mehmet; Akdeniz University, Turkey  
YILMAZ, Merve Silanur; Bitlis Eren University, Turkey

**Yönetim Yeri**

**Adres / Address**

Büyükelçi Sokak No: 18/1 Kavaklıdere/Ankara Turkey

**Tel:** (+90) 0534 968 5994 • **Faks:** (+90) 312 317 8711

**E-posta / E-mail:** dergi@gidadernegi.org

**URL:** http://www.gidadernegi.org

**Yayın Türü:** Yaygın süreli ve hakemli

**Hazırlayan / Prepared**

Sim Ajans  
19. Sokak No: 47/1 Emek / Ankara  
Tel : (+90) 312 925 25 95  
e-mail: simajans@simajans.com

**Yayın Tarihi / Publication Date**

15 08 2023

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

Akköşe, Ahmet; Atatürk University, Turkey  
Ank, Gökşen G.; Balıkesir University, Turkey  
Atalar, İlyas; Bolu Abant İzzet Baysal University, Turkey  
Baysal, A. Handan; İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Turkey  
Bezirtzoglou, Eugenia; Democritus University of Thrace, Greece  
Bozkır, Hamza; Sakarya Uygulamalı Bilimler University, Turkey  
Çilak, Gizem Ö.; Hitit University, Turkey  
Draughon, Ann Tennessee University, USA  
El Soda, Morsi University of Alexandria, Egypt  
Erbay, Zafer; Adana Bilim ve Teknik University, Turkey  
Evren, Mustafa; Ondokuz Mayıs University, Turkey  
Fogliano, Vincenzo University of Napoli Federico II, Italy  
Gerçekaslan, K. Emre; Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Turkey  
Ghosh, Bikash C. National Dairy Research Institute, India  
Gollop, Natan The Volcani Center, ARO, Israel  
Griffiths, Mansel University of Guelph, Canada  
Güneşer, Onur; Uşak University, Turkey  
Güven, Esra Ç.; İstanbul Teknik University, Turkey  
Ho, Chi-Tang The State University of New Jersey, USA  
Hoşoğlu, Müge İ.; Gebze Teknik University, Turkey  
Hüner, İrem D.; Trakya University, Turkey  
Kahraman, Kevser; Abdullah Gül University, Turkey  
Karaca, Hakan; Pamukkale University, Turkey  
Koçan, Deniz; Aksaray University, Turkey  
Konuskan, Dilşat B.; Mustafa Kemal University, Turkey  
Kuleaşan, Hakan; Süleyman Demirel University, Turkey  
Meral, Raciye; Yüzüncü Yıl University, Turkey  
Mete, Aylin A.; Mersin University, Turkey  
Morales, Francisco J. CSIC Instituto del Fr o, Spain  
Muhtaba, Mustafa G. Florida Gulf Coast University, USA  
Mutlu, Türkan K.; Çukurova University, Turkey  
Öztürk, Fatma; Kâtip Çelebi University, Turkey  
Paalme, Toomas Tallinn University of Technology, Estonia  
Parlar, Harun Technical University of Munich, Germany  
Raspor, Peter University of Primorska, Slovenia  
Rezessy-Szabo, Judit M. Corvinus University of Budapest, Hungary  
Sarı, Ferda; Cumburiyet University, Turkey  
Şengün, İlkin Y.; Ege University, Turkey  
Soyer, Yeşim; Orta Doğu Teknik University, Turkey  
Toğay, Sine Ö.; Bursa Uludağ University, Turkey  
Toker, Ömer S.; Yıldız Teknik University, Turkey  
Velioglu, Murat; Namık Kemal University, Turkey  
Yemiş, Gökçe P.; Sakarya University, Turkey  
Yolaçaner, Elif; Hacettepe University, Turkey  
Yorulmaz, Aslı; Adnan Menderes University, Turkey  
Zorba, Murat; Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey

Bu dergi, TÜBİTAK ULAKBİM TR Dizin, CrossRef, DergiPark Akademik, EBSCO Host, CiteFactor, Infobase Index, SciLit, Journal Index, BASE (Bielefeld Academic Search Engine), OCLS WorldCat, FAO Agris, CAB Abstracts, DIIF, Journal Factor, COSMOS, Scholarsteer, JIFACTOR, Research Impact Factor, Index Copernicus, Scientific World Index (Sciwindex), Scientific Indexing Services (SIS), CABI (CAB Direct), Academic Resource Index, IJIF, Food Science and Technology Abstracts (FSTA), Google Scholar ve Academindex Türkiye veri tabanları kapsamındadır.

This journal is covered by TÜBİTAK ULAKBİM TR Dizin, CrossRef, DergiPark Akademik, EBSCO Host, Cite Factor, Infobase Index, SciLit, Journal Index, BASE (Bielefeld Academic Search Engine), OCLS WorldCat, FAO Agris, CAB Abstracts, DIIF, Journal Factor, COSMOS, Scholarsteer, JIFACTOR, Research Impact Factor, Index Copernicus, Scientific World Index (Sciwindex), Scientific Indexing Services (SIS), CABI (CAB Direct), Academic Resource Index, IJIF, Food Science and Technology Abstracts (FSTA), Google Scholar and Academindex Turkey database systems.

# İçindekiler / Content

## Araştırmalar (İngilizce) / Researches (English)

Gülban, A. (2023). *Physicochemical, microbiological and sensory analyses of functional detox juices fermented with water kefir grains* / Su kefir taneleri ile fermente edilmiş fonksiyonel detoks sularının fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal analizleri ... **715-727**

Gedikoglu, A., Öztürk, H. I., Aytaç, E. (2023). *The effect of different solvents on chemical composition, antioxidant activity, and antimicrobial potential of Turkish Cistus creticus extracts* / Farklı çözücülerin Türkiye`de yetişen *Cistus creticus* ekstraktlarının kimyasal kompozisyon, antioksidan aktivite ve antimikrobiyal potansiyeline etkisi ..... **728-740**

Gumus, P., Ucan Turkmen, F., (2023). *Development of oat-based snack pastes with honey and coconut (Cocos nucifera L.) oil* / Bal ve hindistan cevizi (Cocos nucifera L.) yağı ile yulaf bazlı atıştırılmalık macunların geliştirilmesi..... **741-749**

Şahin Sakin T., Erol, R., Yıldırım, Z. (2023). *Efficacy of vinegar, thyme water and vB\_EcoM-P34 phage in inhibiting Escherichia coli O157:H7 in lettuce* / Sirke, kekik suyu ve vB\_EcoM-P34 fajının marulda *Escherichia coli* O157:H7'nin inhibe edilmesi üzerine etkinliği ..... **772-783**

Arı F., Sarıçoban, C., Şen Arslan, H. (2023). *The effect of pomegranate and grape seed extracts on the shelf life of goose meat during refrigerated storage* / Nar ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının soğuk depolama sürecinde kaz etinin raf ömrüne etkisi ..... **819-830**

Seçuk, E., Altay, Ö., Akçay Salık, R., Köprüalan Aydın, Ö., Kaymak Ertekin, F. (2023). *Ready-to-eat chickpea purée powder by drum drying: physicochemical, and rheological properties of powder product* / Valsli kurutma ile tüketime hazır nohut püresi tozu; toz ürünün fizikokimyasal ve reolojik özellikleri..... **846-860**

## Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

Uzkuç, H., Çelebi Uzkuç N. M., Karagül Yüceer Y. (2023). *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilen keçi peynirinin duyuusal özellikleri ve uçucu bileşen profili / *Sensory properties and volatile profile of goat cheese produced using cynara cardunculus protease*..... **683-697**

Şahin, B., Hendek Ertop, M. (2023). *Siyez (Triticum monococcum) ve buğday (Triticum aestivum) unu içerikli yaş tarhana ile üretilen çöreklerin biyoaktif, fizikokimyasal, duyuusal ve raf ömrü kalite parametrelerinin incelenmesi* / *Investigation of bioactive, physicochemical, sensory and shelf life quality parameters of the buns incorporated in wet tarhana produced with einkorn (Triticum monococcum) and wheat (Triticum aestivum) flour* ..... **698-714**

Bıçakçı, G., Türker, D. N., Ertaş, E. (2023). *Etlik piliç göğüs etinin marine edilmesinde bazı antioksidan içeren marinatların kullanımı* / *Use of some antioxidant-containing marinades in marinating broiler breast meat* ..... **861-871**

Yıldız Turgut, D., Tanriseven, M., Bayır Yeğın, A., Gölükcü, M., Tokgöz, H., Kola, O. (2023). *Düşük şekerli turunc marmelatı üretiminde Rebaudioside A kullanımının araştırılması* / *The investigation of use of Rebaudioside A in the production of low-sugar bitter orange marmalade* ..... **872-887**

## Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

Altay, K., Çalışkan Koç, G., Akdoğan, A. (2023). *Zeytin pirinasının mikrodalga kurutulmasında ultrases ön işleminin ürünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkisi* / *Effect of ultrasound pretreatment on some physical and chemical properties of the product in microwave drying of olive pomace* ..... **888-899**

Yılmaz, E., Yüksel, Z. (2023). *Ekşi maya ve ekşi mayalı ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri* / *Sourdough and some technological properties of sourdough bread and its effects on health* ..... **750-771**

Korkmaz, F., Polat Kaya, H., Andaç, A. E., Yılmaz Tuncel, N. (2023). *Bitki esaslı süt benzeri içecekler* / *Plant-based milk analogues* ..... **784-806**

Şimşek, F., Çetin, B., Mutlu, C. (2023). *Arı ekmeğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve sağlık üzerine etkileri* / *Some physical and chemical properties of bee bread and its effects on health* ..... **807-818**

Ay, B., Başyığıt, B. (2023). *Vişne çekirdeği atığından üretilen pektinin soya bazlı bitkisel protein ile hidrojel oluşturma potansiyeli: Fenolik madde salınımı üzerine hidrojel doğasının etkisi* / *Hydrogel forming potential of pectin derived from sour cherry waste with soy-based plant protein: Effect of hydrogel nature on phenolic release* ..... **831-845**



## **CYNARA CARDUNCULUS PROTEAZI KULLANILARAK ÜRETİLEN KEÇİ PEYNİRİNİN DUYUSAL ÖZELLİKLERİ VE UÇUCU BİLEŞEN PROFİLİ**

**Hasan Uzkuç<sup>a</sup>, Nesrin Merve Çelebi Uzkuç<sup>b</sup>, Yonca Karagül Yüceer<sup>b\*</sup>**

<sup>a</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Çanakkale, Türkiye

<sup>b</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Geliş/Received: 28.02.2023; Kabul /Accepted: 22.05.2023; Online baskı /Published online: 17.06.2023

Uzkuç, H., Çelebi Uzkuç N. M., Karagül Yüceer Y. (2023). *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilen keçi peynirinin duysal özellikleri ve uçucu bileşen profili. GIDA (2023) 48 (4) 683-697 doi: 10.15237/gida.GD23026

Uzkuç, H., Çelebi Uzkuç N. M., Karagül Yüceer Y. (2023). *Sensory properties and volatile profile of goat cheese produced using cynara cardunculus protease. GIDA (2023) 48 (4) 683-697 doi: 10.15237/gida.GD23026*

### **ÖZ**

Bu çalışmada bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımı ve depolamanın keçi peynirinin kimyasal ve duysal özellikleri ile uçucu bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla pastörize keçi sütünden hayvansal rennet ve *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanılarak üretilen peynirler 90 gün süreyle buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Peynirlerin titrasyon asitliği değerleri, kurumadde ve suda çözünür azot oranları ile toplam serbest aminoasit değerleri depolama süresince artmıştır. Limonenin tüm peynirlerde en yüksek miktarda bulunan uçucu bileşen olduğu saptanmıştır. En yüksek limonen konsantrasyonu 3152.00 µg/100 g olarak bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılan peynirde 90. günde belirlenmiştir. Heksanoik, oktanoik ve dekanoik asit, peynirlerin karakteristik uçucu bileşenleri olarak belirlenmiştir. Duysal değerlendirme sonucunda bitkisel ve hayvansal pıhtılaştırıcı kullanılarak üretilen peynirler sırasıyla 2.35 ve 0.58 ransit aroma ve 0.76 ve 0.09 acı tat skorları almışlardır. Duysal değerlendirme ve kimyasal analiz sonuçlarına göre *Cynara cardunculus* L. proteazının hayvansal rennete alternatif olabileceği sonucuna varılmış, bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımının depolama süresince peynirlerde aşırı düzeyde proteolize neden olmadığı ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Keçi peyniri, bitkisel pıhtılaştırıcı, proteoliz, lezzet profili, uçucu bileşen

## **SENSORY PROPERTIES AND VOLATILE PROFILE OF GOAT CHEESE PRODUCED USING *CYNARA CARDUNCULUS* PROTEASE**

### **ABSTRACT**

In this study, the effects of the using plant coagulant and storage on the chemical and sensory properties and volatile components of goat cheese were investigated. For this purpose, pasteurized goat milk used to produce goat cheese by adding animal rennet and plant origin rennet (*Cynara cardunculus* L.). Cheeses were stored under refrigerator conditions for 90 days. Titratable acidity values, dry-matter, water-soluble nitrogen ratios, and total free amino acid values of cheeses increased during storage. Limonene was detected to be the volatile compound found in the most abundant in all cheeses. The highest limonene concentration was determined as 3152.00 µg/100 g in cheese produced using plant coagulant on the 90<sup>th</sup> day. Hexanoic, octanoic and decanoic acids were

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: yoncayuceer@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 0018/20051

☎: (+90) 286 218 0541

Hasan Uzkuç; ORCID no: 0000-0002-0937-7598

Nesrin Merve Çelebi Uzkuç; ORCID no: 0000-0001-8822-7864

Yonca Karagül Yüceer; ORCID no: 0000-0002-9028-2923



determined as characteristic volatile compounds of cheeses. As a result of the sensory evaluation, the cheeses produced using plant and animal coagulant had a rancid aroma score of 2.35 ve 0.58 and a bitter taste score of 0.76 ve 0.09, respectively. According to the results of sensory evaluation and chemical analysis, it was concluded that *Cynara cardunculus* L. protease could be an alternative to animal rennet, and it was revealed that the use of plant coagulants did not cause excessive proteolysis in cheeses during storage.

**Keywords:** Goat cheese, plant coagulant, proteolysis, flavor profile, volatile compound

## GİRİŞ

Süt proteinlerinin denatürasyonu ve sütün pıhtılaşmasına bağlı jel oluşumu peynir ve fermente süt ürünleri üretiminin temelini oluşturmaktadır. Süt proteinlerinin koloidal kararlılığını değiştirmek ve böylece arzulan ürünler işlenmesini sağlamak amacıyla; süte enzim ilavesi, asitlendirme, ısl işlem uygulaması veya bu yöntemlerin kombinasyonları kullanılmaktadır (Fox, 1989). Birçok peynir çeşidi için üretimin temeli olan sütün enzimlerle koagülasyonu, süt endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Sütü pıhtılaştırıcı enzimler hayvanlardan, bitkilerden veya mikroorganizmalardan elde edilmektedir. Peynir üretiminde en yaygın kullanılan pıhtılaştırıcı, süt emme döneminde olan ve geviş getiren hayvanların şirdeninden elde edilen kimoziin/pepsin (90/10) enzim içeriğindeki rennettir. Kimoziin (EC, 3.4.23.4) süt proteini K-kazeini fenilalanin-metionin (105-106) peptit bağından kırar ve çözünmeyen para-K-kazeini oluşturarak sütün pıhtılaştırır. Kimoziin bu işlem için çok spesifik olup protein ile peptitler arasında uygun oranı sağlamakta ve depolama sırasında aşırı proteolizi engellemektedir. Bunun aksine pepsin belirli bir bölgeyi hedeflemeyen proteolitik aktivitesinden dolayı rennette yüksek yüzdelerde bulunduğu aşırı proteolize neden olarak yapısal bozukluklara ve verim kaybına neden olmaktadır (Çakmakçı vd., 2017). Süte ilave edilen pıhtılaştırıcı enzimlerin büyük bir kısmı peyniraltı suyu ile ayrılmakta ve ilave edilen enzimin yaklaşık %0-15 kadarı pıhtıda kalmaktadır (Sousa vd., 2001). Pıhtıda kalan süt pıhtılaştırıcı enzimler kazein fraksiyonlarını hidrolize ederek peynirlerin duysal ve fonksiyonel özelliklerine önemli ölçüde etki etmektedir (Fox ve McSweeney, 1996; Barac vd., 2016).

Uzun yıllardan beri halk arasında bazı süt ürünlerinin yapımında incir, teleme otu, yoğurt

otu, papain, ebegümeçi, deve dikenii, sütleğen gibi bitkiler pıhtılaştırıcı olarak kullanılmaktadır (Say ve Güzeler, 2016). Bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek, tohum ve meyve gibi farklı kısımlarında bulunan proteolitik enzimler pıhtılaşmayı sağlamaktadır. Bitkisel pıhtılaştırıcılar genel olarak ev tipi üretimler, küçük mandıralar veya çiftliklerde usta yapımı peynirlerde tercih edilmektedir. Bitkisel enzimler optimum pH ve sıcaklık değerlerinin yüksek oluşu ve yüksek sıcaklık işlemi gören sütleri de etkili olarak pıhtılaştırması dolayısıyla hayvansal enzimlerden farklılaşmaktadır. Bitkisel proteazlar pepsinde olduğu gibi kuvvetli proteolitik aktiviteye sahip olduklarından elde edilen pıhtının randımanı düşük olmakta, olgun peynirde lezzet (acılık) ve tekstür (yumuşama) kusurları meydana gelmektedir (Shah vd., 2014). Bu nedenle bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılarak sütün pıhtılaştırılmasında bitki seçimi yanında kullanım miktarı ve mayalama süresi önem arz etmektedir.

Sütü pıhtılaştırmada kullanılacak bitkisel kaynaklı enzimlerle ilgili çeşitli araştırmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalarda *Onopordum turcicum* (Tamer, 1993), kiwi (*Actinidia chinensis* Deliciosa) (Puglisi vd., 2014), *Solanum elaeagnifolium* (Chavez-Garay vd., 2015), *Cynara cardunculus* (Abd El-Salam vd., 2017) ve farklı çok sayıda bitkinin (Say ve Güzeler, 2016) süt pıhtılaştırma özelliği araştırılmıştır. *Cynara* türlerinden izole edilen cardosin ve cyrosin enzimleri kimoziin ve pepsinle benzer etkilere sahip olduğundan (Verissimo vd., 1996) geleneksel süt pıhtılaştırıcılara alternatif olma potansiyeli taşımaktadırlar. Ülkemizde ticari peynir üretiminde bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılmamaktadır. Ancak yüzyıllardır Akdeniz, Batı Afrika ve Güney Avrupa ülkelerinde yabani enginarın (*Cynara cardunculus*) kurutulmuş çiçeklerinden elde edilen proteaz karışımı (baskın enzim Cardosin A) küçükbaş hayvan sütlerinden

üretilen geleneksel bazı peynirlerin üretiminde kullanılmaktadır (Shah vd., 2014). Özellikle İspanya ve Portekiz'de *Cynara* türleri kullanılarak üretilmiş çeşitli koyun ve keçi peynirleri bulunmaktadır (Tejada vd., 2008).

Bitkisel pıhtılaştırıcıların endüstriyel üretimlerde kullanılabilmesi ancak peynir üretiminde yüzyıllardır kullanılan rennet enzimine benzer etki göstermesine bağlıdır. Bu etki sütün mayalanması ve peynirin depolanması boyunca meydana gelen en karmaşık ve en önemli biyokimyasal reaksiyon olan proteoliz ile ölçülebilir. Proteoliz her peynirin karakteristik duyu özellikleri ve aroma bileşiklerini oluşturan temel proses olmasının yanında aşırı olması durumunda neden olacağı acılık ile peynirin raf ömrünü ve ekonomik değerini etkileyebilecek bir unsurdur.

Beslenmenin temelindeki süt ve süt ürünleri arasında olan ve toplum tarafından sağlıklı yaşamın önemli öğelerinden biri olarak kabul edilen keçi sütü inek sütüne kıyasla farklı protein kompozisyonuna sahiptir (Ceballos vd., 2009). Bununla birlikte sınırlı hayvansal rennet üretimi ve yüksek maliyeti, dinsel faktörler, diyet ve bazı ülkelerde rekombinant buzağı mayasının yasaklanması nedeniyle bitkisel pıhtılaştırıcılara olan ilgi ve ihtiyaç artmaktadır (Shah vd., 2014). Bu nedenlerle keçi sütünün bitkisel enzimlerle pıhtılaştırılmasıyla üretilen peynirlerin araştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Türk Saanen ırkı keçilerden elde edilmiş süt kullanılarak yarı sert Beyaz peynir tipi keçi peyniri üretiminde bitkisel kaynaklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımı ve depolama süresinin keçi peynirinin proteoliz düzeyi, bazı kimyasal ve duyu özellikleri ile uçucu bileşenleri üzerine etkileri ile aynı koşullarda hayvansal pıhtılaştırıcı kullanılarak üretilmiş peynirlerden farklarının ortaya konması amaçlanmıştır.

### MATERYAL ve YÖNTEM

#### Peynir Üretimi

Peynirlerin üretimi Ekozey A.Ş. Gökçeada üretim tesislerinde Uzkuç vd. (2018) tarafından önerilen yöntem kullanılarak iki tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Mutlu Keçiler Çiftliği'nden (İmbroz Ltd. Şti.) temin edilen Türk Saanen ırkına

ait çığ keçi sütü 65 °C 30 dk pastörizasyon ve 34.5 °C 90 dk mayalama prosesi uygulanarak peynire işlenmiştir. Üretimde kullanılan çığ keçi sütü; 6.49 pH değeri ile %12.1 kurumadde, %3.5 toplam protein ve %3.5 yağ oranına sahiptir. Süt pıhtılaştırmada ticari *Cynara Cardunculus* proteazı (Abiasa, Pontevedra, İspanya) ve buzağı renneti (kimozin/pepsin oranı 90/10, Rumeli Maya, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. Üretim esnasında yapılan maya testinde hayvansal rennetin kuvveti 1/16460, bitkisel rennetin kuvveti 1/12740 olarak belirlenmiştir. Test sonucuna göre 10 L süt için 1.2 mL bitkisel rennet ve 1 mL hayvansal rennet kullanılarak mayalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretilen peynirler Cryovac vakum shrink peynir torbalarında (Sealed Air, İstanbul, Türkiye) ambalajlanarak 6-8 °C'deki soğuk hava deposunda 90 gün süreyle depolanmıştır. Bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirler B, hayvansal enzim kullanılarak üretilen peynirler H olarak kodlanmıştır. Peynirlerin kimyasal analizleri ve duyu değerlendirmeleri depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde, uçucu bileşen analizleri ise sadece depolamanın 1 ve 90. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

#### Kimyasal Analizler

Peynir örneklerinde % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği (LA), kurumadde, tuz, kül, protein (AOAC, 2000) ve yağ oranları (NEN, 1969) belirlenmiştir. Ayrıca peynirlerde proteoliz düzeyini belirlemek amacıyla suda çözünen ve çözünmeyen azotlu maddeler analiz edilmiştir.

Peynirlerde suda çözünür azot (SÇA) içeriği Kuchroo ve Fox (1982)'un önerdiği yöntemle ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla, 40 °C'de 1:2 oranında peynir su karışımı blender (Janke & Kunkel KG, IKA, WERK) yardımıyla 2 dk homojenize edilmiş ve su banyosunda bekletilmiştir (40 °C'de 1 saat). Hazırlanan örnekler 4 °C'de 3000 g'de 30 dk santrifüj (Eppendorf Marka, 5810 R Model santrifüj, Hamburg, Almanya) edilmiş, üst kısımdaki yağ tabakası uzaklaştırılıp sıvı kısım Whatman No 42 filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen suda çözünür fraksiyonda SÇA (AOAC, 2000) ve toplam serbest amino asit (TFAA) oranları, suda çözünmeyen kısımda ise üre poliakrilamid jel

elektroforezi (urea-PAGE) ile protein fraksiyonları belirlenmiştir.

TFAA oranını belirlemek amacıyla 1000 µL Cd-ninhidrin reaktifi 500 µL örnekle (uygun oranda seyreltilmiş) karıştırılmıştır (Doi vd. 1981). Elde edilen karışım 80 °C'de 10 dk bekletilmiş ve süre sonunda soğutulan örneklerin spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1800 UV-vis, Japonya) 508 nm dalga boyundaki absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar mg lösün/g peynir olarak ifade edilmiştir.

Peynir örneklerinin suda çözünmeyen fraksiyonlarında proteolizi belirlemek amacıyla urea-PAGE elektroforetik analizleri yapılmıştır. Urea-PAGE Andrews (1983)'in önerdiği ve Shalabi ve Fox (1987) tarafından modifiye edildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir. Elektroforez, PROTEAN LI XI dikey slab-jel ünitesi (Bio-Rad Laboratories Ltd., Watford, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen jeller Blakesley ve Boezi (1977)'de belirtildiği gibi Coomassie Brilliant Blue G250 ile direkt olarak boyanmıştır. Sonuçlar örneklerle birlikte yürütülen inek kazeini standardıyla (sodyum kazeinat) kıyaslanarak ve literatürden faydalanılarak değerlendirilmiştir.

#### Uçucu Bileşen Analizleri

Uçucu bileşenlerin tanımlanması ve miktar belirlenmesi için Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) (GC 6890, MS 6890N, Agilent Technologies, Wilmington, DE, ABD) ve polar olmayan özellikteki DB-5MS kolonu (60 m x 0.25 mm ID, 0.25 µm, Agilent Technologies) kullanılmıştır. Uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon tekniği (SPME) kullanılarak izole edilmiştir (Uzkuç vd., 2018). GC-MS koşulları: Taşıyıcı gaz akışı 1.5 mL/dk, fırın programı başlangıç sıcaklığı 40 °C'de 1 dk, Rampa1 8 °C/dk, 230 °C, Rampa2 180 °C'de 15 dk, son sıcaklık ve süre 250 °C'de 15 dk. MS şartları; kapiler arayüz sıcaklığı 280 °C, iyonizasyon enerjisi: 70 eV; kütle aralığı 35 ile 350 amu, tarama hızı 4.45 scans/s. Uçucu bileşenlerin tanımlanmasında National Institute of Standards and Technology (NIST, 2008) ve Wiley Registry of Mass Spectral Data (Wiley, 2005) kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Tanımlanan

uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri (RI) Van den Dool ve Kratz (1963) tarafından belirtildiği şekilde, miktarları ise iç standartlarla (2-metil valerik asit ve 2-metil-3-heptanon) kıyaslanarak oransal bolluklarına göre belirlenmiş (Avsar vd., 2004) ve sonuçlar 100 g peynirde µg olarak verilmiştir.

#### Duyusal Analiz

Peynirlerin duyuusal değerlendirmesinde Spectrum™ metodu kullanılmıştır (Meilgaard vd., 1999). Değerlendirme peynir ve süt ürünlerinde lezzet profil analizi konusunda yaklaşık 100 saatlik eğitim almış 6 panelist (yaşları 25-50 arasında olan 5 kadın, 1 erkek) tarafından her bir depolama günü için ayrı ayrı düzenlenen panellerde gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme için panelistlere küp şeklinde kesilmiş (yaklaşık 1x1x1 cm boyutlarında) iki dilim halinde bitkisel ve hayvansal enzim kullanılarak üretilmiş iki örnek 3 basamaklı tesadüfi numaralarla kodlanmış kaplarda, oda sıcaklığında sunulmuştur. Tadım aralarında panelistlere ağızlarını nötrlemeleri amacıyla ekmek ve su verilmiştir. Örnekler iki paralel olarak panelistlere sunulmuş ve terimlerin yoğunluklarını 10 puanlı skala üzerinde değerlendirmeleri istenmiştir.

#### İstatistiksel analizler

Pıhtılaştırıcı enzim ve depolama süresinin incelenen özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Varyans analizinin şartlarını yerine getirmeyen veriler (varyansların homojenliği ve normal dağılım) için varyans analizinin nonparametrik karşılığı olan WELCH testi kullanılmıştır. Verilerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli farkları belirlemek amacıyla TUKEY çoklu karşılaştırma (TUKEY-HDS) testi kullanılmıştır (Sheskin, 2004). SPSS (for Windows, version 24.0) (SPSS, 2016) istatistik paket programı kullanılarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

#### SONUÇ VE TARTIŞMA

Peynirlerin bazı kimyasal özellikleri üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresi faktörlerinin etkileri istatistiksel olarak değerlendirilmiş, peynirlere ilişkin analiz sonuçları

Çizelge 1’de sunulmuştur. Belirlenen özelliklerden yağ, tuz, kül ve protein oranları bakımından H ve B peynirleri benzer bulunmuş olup bu özellikler üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresi faktörlerinin etkisi önemli bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). H ve B peynirlerin yağ oranlarının %18.00-20.50, tuz oranlarının %2.20-2.85, kül oranlarının %4.35-4.82 ve protein oranlarının %17-90-19.08 arasında değiştiği belirlenmiştir. Peynirlerin yağ ve protein içerikleri, çiğ sütün

bileşimi ve peynir yapım teknikleriyle ilişkilendirilebilecek küçük farklılara rağmen, genel olarak çalışmalarla (Miloradovic vd., 2017; Barłowska vd., 2018; Say, 2022) uyumludur. *Cynara cardunculus* proteazı ve hayvansal pıhtılaştırıcı kullanarak üretilen keçi peynirlerinin incelendiği bir çalışmada, çalışmamıza benzer bir şekilde farklı tip pıhtılaştırıcı kullanımının peynirlerin genel bileşimlerini önemli derece farklılaştırmadığı bulunmuştur (Pino vd., 2009).

Çizelge 1. Peynirlerin kimyasal özellikleri

Table 1. Chemical properties of cheeses

| Peynir<br>Cheese | Gün<br>Day | Kimyasal Özellik/Chemical Property |                          |                         |                        |                        |                         |                         |                         |
|------------------|------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                  |            | LA %                               | KM %                     | Yağ %<br>Fat %          | Tuz %<br>Salt %        | Kül %<br>Ash %         | Protein %<br>Protein %  | SÇA %                   | TFAA                    |
| H                | 1          | 0.47±0.00 <sup>c</sup>             | 42.71±0.12 <sup>b</sup>  | 19.63±0.31 <sup>a</sup> | 2.59±0.20 <sup>a</sup> | 4.35±0.20 <sup>a</sup> | 17.90±0.12 <sup>a</sup> | 0.40±0.00 <sup>c</sup>  | 0.97±0.36 <sup>c</sup>  |
|                  | 30         | 0.58±0.00 <sup>b</sup>             | 44.04±0.27 <sup>ab</sup> | 20.38±0.43 <sup>a</sup> | 2.24±0.09 <sup>a</sup> | 4.49±0.01 <sup>a</sup> | 18.36±0.37 <sup>a</sup> | 0.55±0.00 <sup>bc</sup> | 2.61±0.26 <sup>bc</sup> |
|                  | 60         | 0.86±0.01 <sup>a</sup>             | 43.93±0.10 <sup>ab</sup> | 20.38±0.55 <sup>a</sup> | 2.70±0.15 <sup>a</sup> | 4.53±0.03 <sup>a</sup> | 18.04±0.24 <sup>a</sup> | 0.64±0.01 <sup>b</sup>  | 3.28±0.25 <sup>ab</sup> |
|                  | 90         | 0.85±0.02 <sup>a</sup>             | 45.13±0.24 <sup>a</sup>  | 20.50±0.54 <sup>a</sup> | 2.85±0.27 <sup>a</sup> | 4.66±0.05 <sup>a</sup> | 18.01±0.26 <sup>a</sup> | 1.04±0.04 <sup>a</sup>  | 5.11±0.41 <sup>a</sup>  |
| B                | 1          | 0.50±0.01 <sup>D</sup>             | 42.33±0.87 <sup>B</sup>  | 18.00±0.74 <sup>A</sup> | 2.20±0.20 <sup>A</sup> | 4.63±0.06 <sup>A</sup> | 18.39±0.10 <sup>A</sup> | 0.39±0.01 <sup>D</sup>  | 1.10±0.14 <sup>C</sup>  |
|                  | 30         | 0.64±0.01 <sup>C</sup>             | 43.82±0.23 <sup>AB</sup> | 19.25±0.60 <sup>A</sup> | 2.40±0.18 <sup>A</sup> | 4.82±0.17 <sup>A</sup> | 18.57±0.30 <sup>A</sup> | 0.54±0.03 <sup>C</sup>  | 1.78±0.13 <sup>BC</sup> |
|                  | 60         | 0.82±0.03 <sup>B</sup>             | 45.41±0.20 <sup>A</sup>  | 18.75±0.78 <sup>A</sup> | 2.77±0.32 <sup>A</sup> | 4.66±0.13 <sup>A</sup> | 18.72±0.15 <sup>A</sup> | 0.73±0.04 <sup>B</sup>  | 4.63±0.27 <sup>AB</sup> |
|                  | 90         | 0.94±0.01 <sup>A</sup>             | 44.88±0.74 <sup>A</sup>  | 19.63±0.55 <sup>A</sup> | 2.76±0.20 <sup>A</sup> | 4.51±0.02 <sup>A</sup> | 19.08±0.38 <sup>A</sup> | 1.14±0.06 <sup>A</sup>  | 6.24±0.70 <sup>A</sup>  |

Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart hata olarak sunulmuştur. <sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P \leq 0.05$ ). <sup>A-D</sup> Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P \leq 0.05$ ). H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, LA: laktik asit, KM: kurumadde, SÇA: suda çözünen azot, TFAA: toplam serbest amino asit (mg lösin/g peynir).

Values presented as mean  $\pm$  standard error. <sup>a-c</sup> Means in the same column followed by different lowercase letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ). <sup>A-D</sup> Means in the same column followed by different uppercase letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease, LA: lactic acid, KM: dry matter, SÇA: water soluble nitrogen, TFAA: total free amino acid (mg leucine/g cheese).

Peynirlerin kurumadde ve LA değerleri üzerine sadece depolama süresinin etkisi önemli bulunmuş ve depolama günlerine ait peynir ortalamaları Çizelge 1’de sunulmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Peynirlerin LA ortalamaları %0.47-0.94 değer aralığında bulunmuş, depolama süresinin uzamasıyla peynirlerin LA değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Peynir asitliği, üretimde kullanılan çiğ sütün doğal ve gelişen asitliği üzerine sürece dahil olan mikroorganizmalar ve pıhtılaşmanın katkısıyla depolama süresince gelişmektedir. Peynirdeki asitliğin bir kısmı kazein ve parakazeinden, önemli bir kısmı ise laktik asit ve laktik asit bakterilerinin faaliyeti sonucunda laktozun fermentasyonu sonucu üretilen asitler ile meydana gelmektedir (Fox vd., 2017). Peynir üretiminde keçi sütüne starter kültür ilave edilmemesine rağmen, uygulanan klasik pastörizasyon normuyla inhibe olmayan bakteriler ve bakteri sporları peynir üretim süreci ve depolama boyunca tüm

peynirlerin asitliğinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Hayaloglu vd. (2013) keçi sütü kullanarak ürettikleri peynirlerde 90 günlük depolama süresince LA değerlerini %0.15 ve 0.71 arasında belirlemişlerdir. Bulgular depolama günlerinin ortalamaları bakımından çalışmamızda elde edilen sonuçlardan düşük, depolama süresiyle orantılı asitlik artış eğilimiyle benzer bulunmuştur.

Peynirlerin kurumadde oranları depolamanın 30., 60. ve 90. günlerinde benzer değerler almış ve bir gün depolanmış peynirlerden yüksek bulunmuştur. Depolamanın 1. gününde H ve B peynirlerin kurumadde oranları sırasıyla %42.71 ve %42.33 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Peynirlerde kurumadde; kullanılan sütün bileşimi, işleme tekniği ve depolama işleminden doğrudan etkilenmektedir. Beyaz peynir tuzlandıktan sonra tuz merkeze doğru hareket ederek peynirin su salmaya başlamasıyla peynirin yapısında

dağılmaktadır. Bu işlem tuzun tamamen homojen olarak dağılmasına kadar depolama süresince devam etmekte, buna bağlı olarak peynirlerin kurumadde oranları değişebilmektedir (Soltanı, 2013). Üretilen peynirler 12-14 saat salamurada bekletildikten sonra vakum altında paketlenmiştir. Depolanan peynirlerin taze peynirlerden daha yüksek kurumadde içeriğine sahip olması peynir bünyesinde gerçekleşen tuz hareketine bağlı olarak peynirden su salınması ve bu su kaybı neticesinde nem oranının azalmasına bağlanabilir. Çayır ve Güzeler (2020) keçi sütü kullanarak ürettikleri depolanmış keçi peynirinde çalışmamıza benzer kurumadde değerleri elde etmişlerdir. Depolama boyunca elde edilen kurumadde ortalamaları farklı çalışmalarda keçi sütünden yapılan peynirlerin kurumadde oranlarıyla benzer bulunmuştur (Serhan, 2010; Uzkuç vd., 2018). Garcia vd. (2013) Murciano-Granadina keçi sütünden *Cynara cardunculus* proteazı ve farklı starter kültürler kullanarak ürettikleri keçi peynirlerinde çalışmamızdaki depolama ile kurumadde artışına benzer eğilimde depolama ile peynirlerin nem miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

Peynir üretiminde başta pıhtılaştırıcı enzim ve mikroflora kaynaklı enzimler olmak üzere proteinler çeşitli proteazlar vasıtasıyla parçalanmaktadır. Proteolize bağlı olarak protein parçalanması üretim ve depolama süresince devam etmekte ve ortamda oluşan serbest amino asitler ve peptitlerin miktarı artmaktadır (Sousa vd., 2001).

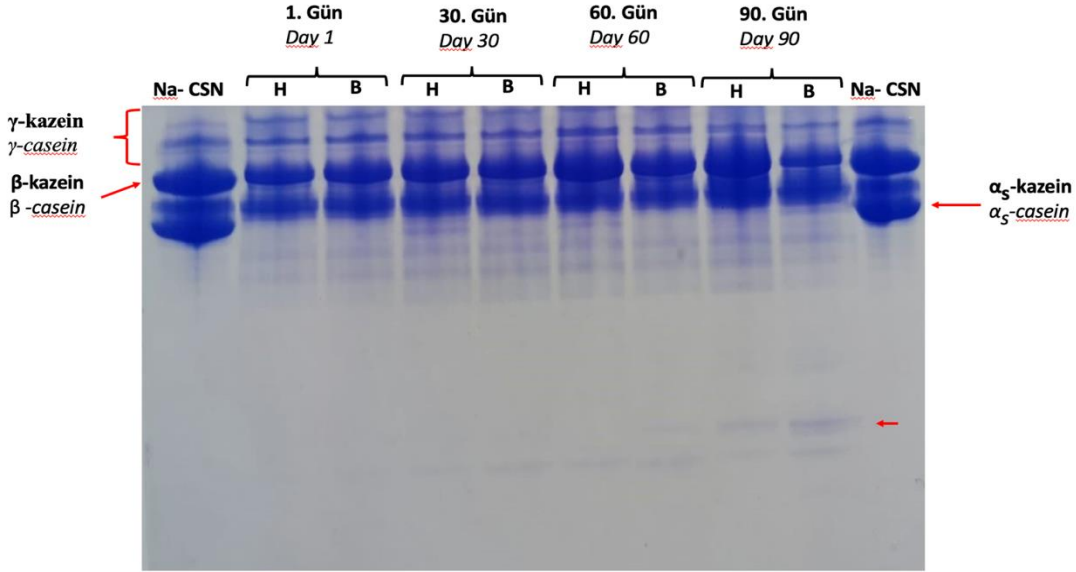
Peynirde SÇA oranındaki yükseliş, küçük ve orta büyüklükteki peptitler ve serbest amino asitlerin salınmasıyla ilişkili olup proteinlerin parçalanması hakkında bilgi sunmaktadır (Zaravela vd., 2021). Ayrıca TFAA değeri sütün doğal enzimleri, pıhtılaştırıcılar ve peynir mikrobiyotası kaynaklı proteolizin bir göstergesi olarak bilinmektedir (Say, 2022). Yapılan çalışmada peynir üretiminde hayvansal veya bitkisel kaynaklı enzim kullanımının peynirlerin SÇA ve TFAA sonuçlarını istatistiksel olarak önemli derecede etkilemediği ( $P > 0.05$ ), ancak depolama süresinin bu iki özellik üzerine etkisinin önemli olduğu bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ) (Çizelge 1). Peynirlerin

TFAA değerlerinin depolama ile arttığı ve depolanmış peynirlerin proteoliz düzeyinin taze peynirlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 1). Peynirlerdeki TFAA artış eğilimine benzer şekilde peynirlerin SÇA oranları da depolama boyunca artış göstermiştir. Peynirlerin SÇA oranları H ve B peynirleri için sırasıyla depolama başlangıcında %0.40 ve %0.39 iken 90 günlük depolama neticesinde %1.04 ve %1.14 oranlarına ulaşmıştır. Garcia vd. (2013) farklı starter kültür kullanımının keçi peynirinin SÇA oranlarını önemli düzeyde etkilediğini, depolama süresinin artmasıyla üretimde kullanılan starter kültür çeşidinden bağımsız olarak peynirlerin SÇA oranlarının arttığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışma bu yönüyle çalışmamızla benzer bulunmuştur. Bazı araştırmacılar, peynirlerin TFAA değerlerinin depolama boyunca artmasını peptitlerin bakterilerin etkisiyle serbest aminoasitlere parçalanmasına bağlamışlardır (Delgado vd., 2011; Juan vd., 2016). Keçi peyniri üzerine yapılan araştırmalarda çalışmamızla uyumlu TFAA değerleri Tomaszewska-Gras vd. (2019) (7.24 mg lösün/g peynir) ve Say (2022) (8.06 mg lösün/g peynir) tarafından rapor edilmiştir.

Urea-PAGE jel görüntüsünde, depolama süresinin artmasıyla kazein fraksiyonlarının parçalanmaya başladığı, özellikle 90. gün peynirlerinde  $\alpha_s$ -kazein parçalanma ürünlerine ait bantların daha belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 1). Depolanan peynirlerde  $\beta$ -kazein degradasyonunun  $\alpha_s$ -kazeine kıyasla daha az olduğu görülmekte, keçi peynirinde  $\alpha_s$ -kazeinin proteolitik değişimlerinin  $\beta$ -kazeinden daha belirgin olduğu bilinmektedir (Hayaloglu vd., 2013; Miloradovic vd., 2017). Peynirlerde kısıtlı  $\beta$ -kazein degradasyonu, depolama ile artan asitliğin plazmin aktivitesini kısıtlayarak  $\beta$ -kazeinin alt fraksiyonlara parçalanmasının yavaşlamasına bağlanmaktadır (Miloradovic vd., 2017). Jel görüntülerinde depolamanın 60. ve 90. günlerine ait örnekler arasında bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirlerin kazein fraksiyonlarında göreceli olarak daha belirgin parçalanma ürünleri olduğu görülmektedir. 60 ve 90 gün depolanmış peynirlerin urea-PAGE sonuçlarında görülen küçük farklılıklar SÇA oranları ve TFAA değerleri

ile benzerlik göstermekte ancak SÇA ve TFAA sonuçlarına göre aynı sürelerde depolanan peynirlerin proteoliz seviyesine bitkisel veya hayvansal pıhtılaştırıcı kullanımı istatistiksel olarak önemli derecede etki etmemektedir ( $P > 0.05$ ). Peynirlerde proteoliz seviyesinin göstergesi olan

bu analiz bulgularına dayanarak *Cynara cardunculus* L. bitkisel proteazlarının keçi sütünden peynir üretiminde buzağı rennetine benzer proteolitik etkiye sahip olduğu ve üretilen peynirlerde depolama süresince ileri düzeyde proteolize neden olmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil 1. Peynirlerin suda çözünmeyen azot fraksiyonlarının Urea-PAGE görüntüsü.

Figure 1. Urea-PAGE electrophoregram of the non-water soluble nitrogen fractions of cheeses.

H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, Na-CSN: sodyum kazeinat.

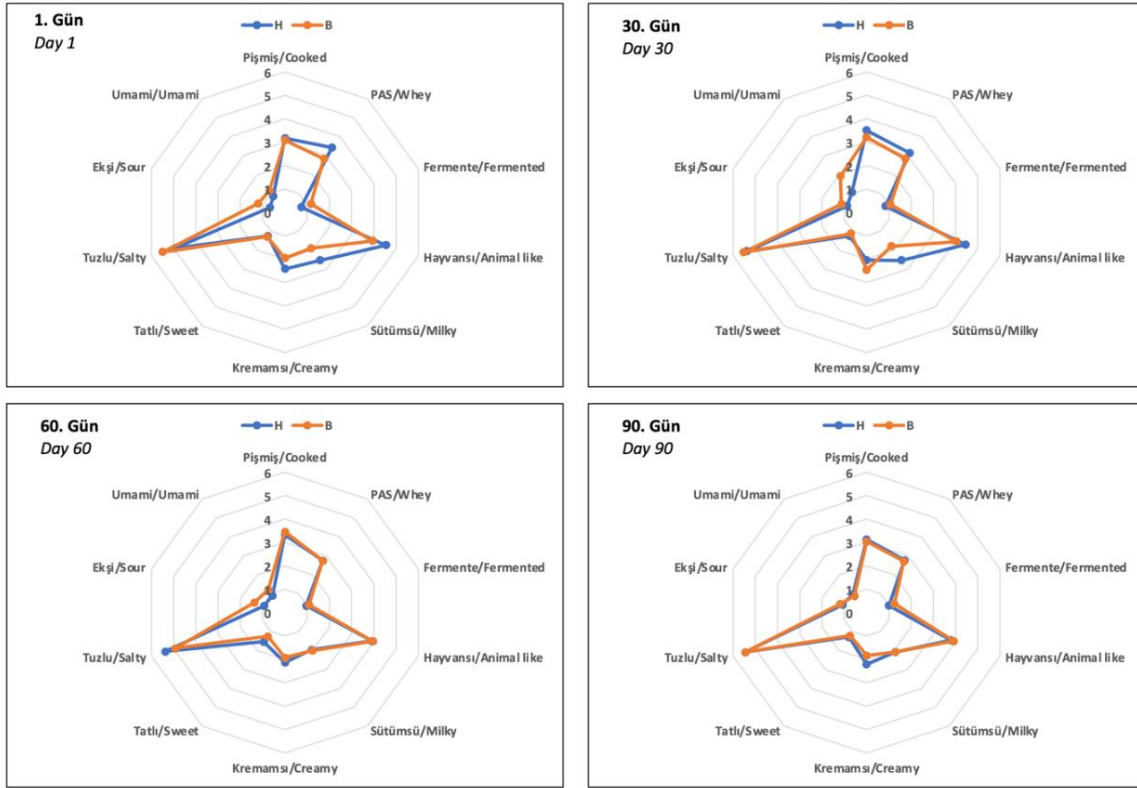
H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease, Na-CSN: sodium caseinate.

Yapılan tanımlayıcı duyuşal değerlendirmede altı deneyimli panelist tarafından depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde peynirlerde pişmiş, peyniraltı suyu, fermente, hayvansı, sütümsü, kremamsı, tatlı, tuzlu, ekşi ve umami terimleri belirlenmiş olup sonuçlar Şekil 2'de sunulmuştur. Peynirlerin belirlenen aroma terimlerinden pişmiş 3.04-3.50, peyniraltı suyu 2.71-3.42, fermente 0.73-1.25, kremamsı 1.75-2.42, hayvansı 3.79-4.54 ve sütümsü 1.79-2.54 aralığında değerler almıştır (Şekil 2). Bu aromalar üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ).

Yapılan çalışmada peynirlerdeki ransit aroma üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresinin ortak etkisi önemli bulunmamış ( $P > 0.05$ ), ancak bu iki faktörün etkileri bu aroma terimi için ayrı ayrı önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ).

Depolama süresinin artmasıyla peynirlerdeki ransit aroma değerleri artmıştır (Çizelge 2). Peynirlerin ransit aroma puanları 10 puanlı skala üzerinde depolamanın 1. gününde 0.96, 90 gün depolanmış peynirlerde ise 1.98 olarak belirlenmiştir. Depolama gününden bağımsız olarak B peynirleri H peynirlerinden daha ransit bulunmuş olup sırasıyla 2.35 ve 0.58 skorlarını almışlardır (Çizelge 2). Yapılan çalışmada elde edilen bulgular Ezine ve Çerkez peynirlerine ait verilerle benzerlik göstermiştir (Karagül Yüceer vd., 2009; Guneser ve Karagül Yüceer, 2011). Utku vd. (2018) keçi sütüne farklı lipazlar ilave ederek ürettikleri keçi peynirlerinin bazı örneklerinde ransit aroma değerlerinin enzimlerin lipolitik aktivitesinden kaynaklandığını belirtmişler ve çalışmamızdaki değerlerden yüksek bulmuşlardır.





Şekil 2. Peynirlerin tanımlayıcı duyu özellikleri

Figure 2. Descriptive sensory characteristics of cheeses

H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, PAS: peyniraltı suyu.

H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease.

Çizelge 2. Peynirlerin ransit aroma değerleri

Table 2. Rancid aroma values of cheeses

| Peynir<br>Cheese           | 1. Gün<br>Day 1        | 30. Gün<br>Day 30       | 60. Gün<br>Day 60       | 90. Gün<br>Day 90      | Grup Ortalaması<br>Group mean |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|
| H                          | 0.00±0.00              | 0.04±0.04               | 0.90±0.09               | 1.29±0.18              | 0.58±0.10 <sup>b</sup>        |
| B                          | 1.92±0.29              | 2.46±0.35               | 2.38±0.33               | 2.67±0.34              | 2.35±0.16 <sup>a</sup>        |
| Gün Ortalaması<br>Day mean | 0.96±0.25 <sup>b</sup> | 1.25±0.30 <sup>ab</sup> | 1.64±0.23 <sup>ab</sup> | 1.98±0.24 <sup>a</sup> |                               |

Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart hata olarak sunulmuştur. <sup>a-b</sup> Aynı satırda veya sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P \leq 0.05$ ). H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri.

Values presented as mean  $\pm$  standard error. <sup>a-b</sup> Means in the same row or column followed by different letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease.

Duyusal değerlendirme sonuçlarındaki önemli farklılıklar değerlendirildiğinde B peynirlerindeki yüksek ransit aroma düşük kremamsı aroma ile ilişkilendirilebilir ve buna bağlı olarak kremamsı

aromanın ransit aroma tarafından maskelendiği düşünülebilir. Karagül Yüceer vd. (2007) yerel üreticilerden sağladıkları farklı olgunlaşma düzeylerine sahip (3-12 ay) Ezine peynirlerinin

duyusal özelliklerini belirledikleri çalışmalarında 22 farklı Ezine peynirinde kremamsı aroma değerlerini 15 puanlı skala üzerinde 1.36-2.47 aralığında bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada kremamsı aromanın keçi peynirinde 15 puanlı skala üzerinde 1.71-4.07 aralığında değerler aldığı bildirilmiştir (Uzkuç vd., 2018). Depolama

boyunca peynirlerde belirlenen bazı temel tatlardan tatlı 1.13-1.54, tuzlu 4.92-5.54, ekşi 0.67-1.38 ve umami 0.85-1.21 aralığında değerler almıştır (Şekil 2). Tatlı, tuzlu, ekşi ve umami tat skorları üzerine pıhtılaştırıcı enzim veya depolamanın etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ).

Çizelge 3. Peynirlerin acı tat değerleri

Table 3. Bitter taste values of cheeses

| Peynir<br>Cheese           | 1. Gün<br>Day 1        | 30. Gün<br>Day 30       | 60. Gün<br>Day 60       | 90. Gün<br>Day 90      | Grup Ortalaması<br>Group mean |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|
| H                          | 0.00±0.00              | 0.04±0.00               | 0.17±0.07               | 0.17±0.09              | 0.09±0.03 <sup>b</sup>        |
| B                          | 0.38±0.15              | 0.71±0.20               | 0.81±0.20               | 1.13±0.31              | 0.76±0.12 <sup>a</sup>        |
| Gün Ortalaması<br>Day mean | 0.19±0.08 <sup>b</sup> | 0.38±0.12 <sup>ab</sup> | 0.49±0.13 <sup>ab</sup> | 0.65±0.19 <sup>a</sup> |                               |

Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart hata olarak sunulmuştur. <sup>a-b</sup> Aynı satırda veya sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P \leq 0.05$ ). H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri.

Values presented as mean  $\pm$  standard error. <sup>a-b</sup> Means in the same row or column followed by different letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease.

Temel tatlar arasında sadece acı tadın peynir üretiminde kullanılan pıhtılaştırıcı enzim çeşidinden önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Hayvansal enzim kullanılarak üretilen peynirlerin ortalama acı tat skoru 0.09 iken bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirlerin ortalama skoru 0.76 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). B peynirlerinde acılığın artması bu peynir grubunda proteolizin daha ileri seviyede olmamasına rağmen bitkisel pıhtılaştırıcıda hayvansal rennetten farklı olarak bulunan acı peptitleri parçalayan peptidazların aktivitesinden kaynaklanabilir. Peynirlerin suda çözünür fraksiyonlarının analizi ile belirlenen SÇA ve TFAA değerleri üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen peynirlerin suda çözünmeyen fraksiyonlarında belirlenen urea-PAGE sonuçlarına göre özellikle depolanmış B peynirinin proteoliz seviyesindeki göreceli yükseklik bu peynirlerin daha acı olması ile ilişkilendirilebilir. Proteoliz sonucu oluşan serbest amino asit ve peptitlerin peynirlerde proteolize bağlı aroma gelişim seviyesinin güvenilir bir göstergesi olduğu (McSweeney ve Sousa, 2000) ve bazı peynir çeşitleri için ransit aromanın karakteristik olduğu göz önünde

bulundurulduğunda peynir çeşidine göre bitkisel enzim kullanımının ransit aroma ve acı tadı belirli bir seviyede artırması olumsuzluk olarak kabul edilmeyebilir. Nitekim Izco vd. (2000) proteaz ilave ederek ürettikleri koyun peynirlerinde proteolitik enzim içeren peynirlerde proteolizdeki artış oranının kontrole göre %20 daha yüksek olduğunu ancak bu yüksek peptidaz aktivitesinin peynirlerin duyusal özelliklerine olumsuz etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamıza benzer olarak, Tejada vd. (2006) bitkisel pıhtılaştırıcı kullanarak ürettikleri keçi peynirlerinin hayvansal rennet kullanılanlara kıyasla daha acı bulunduğunu ancak bu acı tadın Murcia al Vino peyniri için karakteristik olduğunu belirtmişlerdir. Uzkuç ve Karagül Yüceer (2023), ısıl işlem uygulaması, starter kültür ilavesi ve enzim çeşidinin keçi peyniri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında çiğ keçi sütünden üretilen peynirlerde acı tat belirlenmediğini, 90 °C'de 10 dakika ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen peynirlerde düşük miktarda acı tat bulunduğunu ve belirlenen acılığın ısıl işlem sonucu peynir bünyesinde kalan serum proteinleri-kazein kompleksinden salınan acı peptitlerden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada keçi peyniri üretiminde hayvansal

kaynaklı rennet veya *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanımının peynirlerin acı tat skorlarını etkilemediği, ısı işlem uygulanmış süte starter kültür ilave edilmeden üretilen peynirlerin acılığının daha hissedilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Benheddi ve Hellal (2019) keçi sütünü *Cynara cardunculus* kurutulmuş çiçeklerinden elde edilen ekstraktla pıhtılaştırarak ürettikleri geleneksel taze Cezayir peynirlerinin üretiminde farklı mikroorganizma çeşidi kullanımının peynirlerin acı tat skorlarını değiştirdiğini belirtmişlerdir.

Keçi peynirlerinde uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon (SPME) GC-MS tekniği kullanılarak depolamanın 1 ve 90. günlerinde belirlenmiştir. Tepe boşluğu yöntemi ile GC-MS analizi sonucunda belirlenen uçucu bileşenler Çizelge 4'te sunulmuştur. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı enzimle üretilen peynir örneklerinde uçucu bileşenlerin büyük bölümünü limonenin oluşturduğu belirlenmiştir. Peynirlerde aldehit olarak nonanal, keton olarak ise nonanon tespit edilmiştir. Asitlerden asetik asit, bütanoik asit, 3-metil bütanoik asit, hekzanoik asit, oktanoik asit ve dekanolik asit belirlenmiştir. Peynirlerde oktanoik asit miktarının 2.45-42.77 µg/100 g ve dekanolik asit miktarının ise 1.75-23.77 µg/100 g aralığında olduğu bulunmuştur. Bu asitler özellikle geleneksel keçi peynirinin de önemli aroma maddeleri olarak rapor edilmiştir (Say, 2022). Asitler peynirin temel aroma maddelerinden olup peynirin karakteristik özelliklerinin oluşmasında etkilidir. Serbest yağ asitlerinden olan bütanoik asit peynirimsi ve ransit bir aromaya sahiptir. Hekzanoik asit ise çoğunlukla hafif ekşimsi peynir benzeri bir kokuya sahiptir ve peynirlerde keçi aromasıyla ilişkilendirilmektedir (Jia vd., 2021; Say, 2022). Hekzanoik asit ile birlikte oktanoik asit ve dekanolik asit peynirde keskin ekşi tadın oluşumundan da sorumludur (Carunchia Whetstone vd., 2003). Asitlerin miktarı genel olarak depolamanın ilerlemesiyle artış göstermektedir. Sütün doğal mikroflorasında bulunan ve klasik pastörizasyonla inhibe edilemeyen mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu bu asitlerin miktarının arttığı, oktanoik asidin hekzanoik ve dekanolik asitle birlikte

çalışmada üretilen depolanmış keçi peynirlerinin baskın asidi olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Hayaloglu vd. (2013) çalışmamıza benzer olarak hekzanoik ve oktanoik asitleri keçi peynirinin karakteristik asitleri olarak tanımlamışlardır. Farklı çalışmalarda, simbiyotik keçi peynirlerinde artan acı tadın, oktanoik ve dekanolik asitlerin artan miktarlarından kaynaklandığı (Kınık vd., 2017), uzun zincirli serbest yağ asitlerinin İspanyol keçi peynirinde istenmeyen acı tat oluşmasına neden olduğu (Poveda ve Cabezas, 2006) bildirilmiştir.

Keçi peynirlerinde diğer uçucu bileşen grubu olan esterlerden etil hekzanoat, etil oktanoat, metil dekanolat, etil dekanolat ve etil dodekanoat belirlenmiştir. Esterler, yağ asitleri ile alkollerin birleşmesi sonucu oluşan gıda aroması için oldukça önemli bileşenlerdir. Mikroorganizmaların faaliyeti sonucunda meydana gelen bu bileşikler meyvemsi veya çiçeğimsi aromaya sahiptirler (Gatfield, 1988). Peynirlerin ester bileşiklerinin depolama ile arttığı görülmektedir (Çizelge 4). Etil hekzanoat ve etil oktanoat diğer esterlere göre daha yüksek miktarlarda bulunurken, etil dekanolat ve etil dodekanoat depolamanın 1. gününde her iki peynir grubunda da tespit edilememiştir. Çiğ süttten üretilen keçi peynirlerinde 90 günlük depolama süresince ester bileşiklerinde çalışmamızla benzer şekilde artış belirlenmiştir (Delgado vd., 2011).

Terpen bileşikleri peynirlerde asitlerle birlikte en çok belirlenen uçucu bileşenler olmuştur. Limonen uçucu bileşenler arasında tüm peynir örneklerinde en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. En yüksek limonen konsantrasyonu 3152.00 µg/100 g olarak bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılan peynirde 90. günde belirlenmiştir. Terpen bileşikleri peynirlerin temel aroma maddelerinden olmayıp genellikle hayvan beslenmesinde kullanılan yem içeriğiyle ilişkilendirilmektedir. Oliszewski vd. (2013) destek kültür kullanılarak ürettikleri Arjantin keçi peynirinde p-ksilen, m-ksilen, limonen ve β-mirsen aromalarını saptadıklarını ancak bu aromaların peynirin karakteristik özelliğine etki etmediğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4. Peynirlerde depolamanın 1 ve 90. günlerinde belirlenen uçucu bileşenler  
Table 4. Volatile compounds of the cheeses at 1 d and 90 d of storage

| Uçucu<br>Compound                                           | Bileşen/ Volatile | RI   | Peynir/ Cheese  |                   |                 |                   |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|                                                             |                   |      | H               |                   | B               |                   |
|                                                             |                   |      | 1. gün<br>Day 1 | 90. gün<br>Day 90 | 1. gün<br>Day 1 | 90. gün<br>Day 90 |
| Asetik asit/ Acetic acid                                    |                   | <700 | 0.47±0.01       | 6.00±0.09         | 0.40±0.03       | 14.91±0.11        |
| Bütanoik asit/ Butanoic acid                                |                   | 787  | 0.53±0.02       | 6.04±0.07         | 0.59±0.03       | 14.16±0.48        |
| 3-metil bütanoik asit/ Butanoic acid, 3-methyl              |                   | 827  | -               | 0.21±0.01         | -               | -                 |
| Sabinen/ Sabinene                                           |                   | 976  | 0.36±0.02       | 6.34±0.40         | 0.34±0.01       | 18.50±0.78        |
| Hekzanoik asit/ Hexanoic acid                               |                   | 979  | 0.52±0.02       | 6.67±0.25         | 0.70±0.01       | 17.72±2.34        |
| Beta pinen/ Beta pinene                                     |                   | 987  | 1.17±0.14       | 18.16±1.89        | 1.43±0.08       | 52.40±11.70       |
| 2,2,4,6,6-pentametilheptan/<br>2,2,4,6,6-pentamethylheptane |                   | 990  | 0.05±0.07       | -                 | 1.12±0.36       | -                 |
| Etil hekzanoat/ Hexanoic acid ethyl ester                   |                   | 992  | 1.28±0.17       | 8.08±0.21         | 2.18±0.23       | 25.55±0.58        |
| Alfa phellandrene/ Alpha phellandrene                       |                   | 1010 | 0.48±0.02       | 1.24±0.11         | 0.56±0.07       | 4.27±0.20         |
| Beta Simen/ Beta cymene                                     |                   | 1026 | 1.17±0.01       | 1.37±0.09         | 1.33±0.56       | 8.56±0.88         |
| Limonen/ Limonene                                           |                   | 1031 | 64.30±10.80     | 920.00±43.00      | 65.81±4.37      | 3152.00±772.00    |
| Nonanon/ Nonanone                                           |                   | 1084 | 1.09±0.01       | 31.17±0.54        | 0.51±0.03       | 96.90±32.20       |
| Alfa terpinolen/ Alpha terpinolene                          |                   | 1093 | 1.86±0.28       | 4.31±0.48         | 0.52±0.01       | 11.32±1.08        |
| Nonanal/ Nonanal                                            |                   | 1096 | 0.75±0.02       | 0.32±0.08         | 0.93±0.23       | 1.67±0.39         |
| Oktanoik asit/ Octanoic acid                                |                   | 1156 | 3.99±3.01       | 14.68±0.43        | 2.45±0.21       | 42.77±2.58        |
| Etil oktanoat/ Octanoic acid, ethyl ester                   |                   | 1184 | 0.47±0.01       | 5.18±0.70         | 0.50±0.05       | 20.33±1.59        |
| Metil dekanat/ Decanoic acid, methyl ester                  |                   | 1297 | 0.13±0.10       | 0.04±0.01         | 0.22±0.18       | 0.39±0.04         |
| Dekanoik asit/ Decanoic acid                                |                   | 1344 | 2.76±2.13       | 8.36±0.64         | 1.75±1.02       | 23.77±2.12        |
| Etil dekanat/ Decanoic acid, ethyl ester                    |                   | 1378 | -               | 3.24±0.32         | -               | 13.07±1.68        |
| Etil dodekanoat/ Dodecanoic acid ethyl ester                |                   | 1577 | -               | 0.13±0.01         | -               | 0.50±0.02         |

Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart hata ( $\mu\text{g}/100$  g peynir) olarak sunulmuştur. H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, RI: alıkonma indeksi, "-" tespit edilemedi.

Values presented as mean  $\pm$  standard error ( $\mu\text{g}/100$  g cheese). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease, RI: retention index, "-" not detected.

Bu çalışmada bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımı ve depolamanın keçi peynirinin özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre depolamanın peynirlerin LA, kurumadde, ŞÇA ve TFAA biyokimyasal özellikleri ile ransit ve acı duyuşsal özelliklerini artırdığı belirlenmiştir. *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanımı peynirlerin belirlenen kimyasal özelliklerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilemezken duyuşsal özelliklerden ransit aroma ve acı tadın artmasına, kremamsı aromanın ise azalmasına neden olmuştur. Aşırı seviyede olduğunda tüketici

tercihini olumsuz etkileyebilecek ransit aroma ve acı tadın her iki peynirde de kabul edilebilir seviyede olduğu panelistler tarafından ifade edilmiştir. Limonen tüm peynirlerde en yüksek miktarda bulunan uçucu bileşendir. Hekzanoik, oktanoik ve dekanolik asitler peynirlerin karakteristik asit uçucu bileşenleri olarak belirlenmiş olup bu asitlerin esterleri 90 gün depolanmış peynirlerde taze peynirlerden daha yüksek miktarlarda bulunmuştur. Peynirlerin ŞÇA, TFAA ve urea-PAGE sonuçlarına göre bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımının peynirlerde aşırı

proteolize neden olmadığı, genel olarak duysal özellikler ve uçucu bileşenler bakımından benzer sonuçlar elde edildiği buna bağlı olarak keçi peyniri üretiminde pıhtılaştırıcı enzim olarak yabancı enginar (*Cynara cardunculus* L.) proteazının hayvansal rennete alternatif olarak kullanılabilceği ortaya konmuştur. Ülkemizde *Cynara cardunculus* bitkisinden elde edilen enzimin süt endüstrisinde yaygın olarak kullanılması ile hayvansal rennet kullanımından kaynaklanan bazı dezavantajların aşılabileceği düşünülmektedir. Bitkisel kaynaklı bazı sütlerden peynir benzeri ürünlerin üretiminde *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanımının araştırılmasıyla vegan diyetler için yeni ürünlerin geliştirilmesi potansiyeli bulunmaktadır.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu araştırma makalesiyle ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### YAZARLARIN KATKISI

Bu çalışmanın danışmanlığı ve finansal desteklerin sağlandığı projenin yürütücülüğü Yonca Karagül Yüceer tarafından yapılmıştır. Peynir üretimi ve kimyasal analizleri Hasan Uzkuç, uçucu bileşen analizleri Nesrin Merve Çelebi Uzkuç tarafından gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler ve makale yazımına tüm yazarlar katkı sağlamıştır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FBD-2020-3175. Tedarik ve üretime destek sağlayan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İmbroz Ltd. Şti. ve Ekozey AŞ. ile duysal değerlendirmede görev alan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü personel ve lisansüstü öğrencilerine teşekkürlerimizi sunarız.

### KAYNAKLAR

Abd El-Salam, B.A.E.Y., Ibrahim, O.A.E.H., El-Sayed, H.A.E.R. (2017). Purification and characterization of milk clotting enzyme from artichoke (*Cynara cardunculus* L.) flowers as

coagulant on white soft cheese. *International Journal of Dairy Science*, 12: 254–265. <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.254.265>

Andrews, A.T. (1983). Proteinases in normal bovine milk and their action on caseins. *Journal of Dairy Research*, 50: 45–55.

AOAC (2000). Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, USA. <https://doi.org/10.3109/15563657608988149>

Avsar, Y.K., Karagül Yuceer, Y., Drake, M.A., Singh, T.K., Yoon, Y., Cadwallader, K.R. (2004). Characterization of nutty flavor in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87: 1999–2010. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70017-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70017-X)

Blakesley, R.W., Boezi, J.A. (1977). A new staining technique for proteins in polyacrylamide gels using Coomassie Brilliant Blue G250. *Analytical Biochemistry*, 82: 580–581.

Barac, M., Pesic, M., Zilic, S., Smiljanic, M., Stanojevic, S., Vasic, M., Despotovic, S., Vucic, T., Kostic, A. (2016). Protein profiles and total antioxidant capacity of water-soluble and water-insoluble fractions of white brined goat cheese at different stages of ripening. *International Journal of Food Science & Technology*, 51: 1140–1149. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13091>

Barłowska, J., Pastuszka, R., Rysiak, A., Król, J., Brodziak, A., Kędzierska-Matysek, M., Wolanciuk, A., Litwińczuk, Z. (2018). Physicochemical and sensory properties of goat cheeses and their fatty acid profile in relation to the geographic region of production. *International Journal of Dairy Technology*, 71: 699–708. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12506>

Benheddi, W., Hellal, A. (2019). Technological characterization and sensory evaluation of a traditional Algerian fresh cheese clotted with *Cynara cardunculus* L. flowers and lactic acid bacteria. *Journal of Food Science & Technology*, 56(7):3431–3438. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03828-0>

Carunchia Whetstone M.E., Karagül Yuceer, Avsar Y.K. (2003). Identification and Quantification of Character Aroma Components

- in Fresh Chevre-style Goat Cheese. *Journal of Food Science*, 68: 2441-2447.
- Ceballos, L.S., Morales, E.R., de la Torre Adarve, G., Castro, J.D., Martínez, L.P., Sampelayo, M.R.S. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(4), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>
- Chávez-Garay, D.R.D.R., Gutiérrez-Méndez, N., Valenzuela-Soto, M.E.M.E., García-Triana, A. (2016). Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of *Solanum elaeagnifolium*. *CYTA-Journal of Food*, 14: 200–205. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1080763>
- Çakmakçı, S., Cantürk, A., Çakır, Y. (2017). Peynir üretimi için sütü pıhtılaştırıcı enzimlere genel bir bakış ve güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, 15: 396–408. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.370264>
- Çayır, M.S., Güzeler, N. (2020). İnek, keçi sütü ve bunların karışımlarından üretilen Hatay köy peynirlerinin bazı kalite özellikleri. *Çukurova üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(9), 27-34.
- Delgado, F.J., González-Crespo, J., Cava, R., Ramírez, R. (2011). Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME-GC-MS. *Food Chemistry*, 129: 1156–1163. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.096>
- Doi, E., Shibata, D., Matoba, T. (1981). Modified colorimetric ninhydrin methods for peptidase assay. *Analytical Biochemistry*, 118: 173-184.
- Fox, P.F. (1989). Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy Science*, 72: 1379–1400. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79246-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79246-8)
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1996). Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*, 12: 37–41. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129609541091>
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Overview of cheese manufacture. *Fundamentals of cheese science*. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_2)
- García, V., Rovira, S., Boutoia, K., Ferrandini, E., Lopez Morales, M.B. (2013). Effect of starters and ripening time on the physicochemical, nitrogen fraction and texture profile of goat's cheese coagulated with a vegetable coagulant (*Cynara cardunculus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 552–559. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6292>
- Gatfield, I.L. (1988). Production of flavor and aroma compounds by biotechnology. *Food Technology*, 42(10): 110–122.
- Guneser, O., Karagul Yuceer, Y. (2011). Characterisation of aroma-active compounds, chemical and sensory properties of acid-coagulated cheese: Circassian cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 64: 517–525. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00703.x>
- Hayaloglu, A.A., Tolu, C., Yasar, K., Sahingil, D. (2013). Volatiles and sensory evaluation of goat milk cheese Gokceada as affected by goat breeds (Gokceada and Turkish Saanen) and starter culture systems during ripening. *Journal of Dairy Science* 96: 2765–2780. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6170>
- Izco, J.M., Irigoyen, A., Torre, P., Barcina, Y. (2000). Effect of added enzymes on the free amino acids and sensory characteristics in Ossau-Iraty cheese. *Food Control*, 11: 201–207.
- Jia, R., Zhang, F., Song, Y., Lou, Y., Zhao, A., Liu, Y., Peng, H., Hui, Y., Ren, R., Wang, B. (2021). Physicochemical and textural characteristics and volatile compounds of semihard goat cheese as affected by starter cultures. *Journal of Dairy Science*, 104: 270–280. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18884>
- Juan, B., Zamora, A., Quevedo, J.M., Trujillo, A.J. (2016). Proteolysis of cheese made from goat milk treated by ultra high pressure homogenisation. *LWT-Food Science and Technology*, 69: 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.013>
- Karagul Yuceer, Y., Isleten, M., Uysal-Pala, C. (2007). Sensory characteristics of Ezine cheese.



- Journal of Sensory Studies*, 22: 49–65. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00094.x>
- Karagul Yuceer, Y., Tuncel, B., Guneser, O., Engin, B., Isleten, M., Yasar, K., Mendes, M. (2009). Characterization of aroma-active compounds, sensory properties, and proteolysis in Ezine cheese. *Journal of Dairy Science*, 92:4146–4157. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2124>
- Kınık, Ö., Kesenkaş, H., Ergönül, P.G., Akan, E. (2017). The effect of using pro and prebiotics on the aromatic compounds, textural and sensorial properties of symbiotic goat cheese. *Mljekarstvo*, 67: 71–85. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0108>
- Kuchroo, C., Fox, P. (1982). Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37: 331–335.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80: 293–324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
- Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. (1999). Overall difference tests: Does a sensory difference. In: *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, p. 416. <https://doi.org/doi:10.1201/9781439832271.ch6>
- Miloradovic, Z., Kljajevic, N., Miocinovic, J., Tomic, N., Smiljanic, J., Macej, O. (2017). High heat treatment of goat cheese milk. The effect on yield, composition, proteolysis, texture and sensory quality of cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 68: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.12.004>
- NEN (1969). Butyrometric determination of fat content of cheese - (Gerber-Van Gulik Method). *Nederlands Melk En Zuiveltijdschrift*, 23: 214–220.
- Oliszewski, R., Wolf, I.V., Bergamini, C. V., Candioti, M., Perotti, M.C. (2013). Influence of autochthonous adjunct cultures on ripening parameters of Argentinean goat's milk cheeses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 2730–2742. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6092>
- Pino, A., Prados, F., Galán, E., McSweeney, P.L.H.H., Fernández-Salguero, J. (2009). Proteolysis during the ripening of goats' milk cheese made with plant coagulant or calf rennet. *Food Research International*, 42:324–330. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.12.009>
- Poveda, J.M., Cabezas, L. (2006). Free fatty acid composition of regionally-produced Spanish goat cheese and relationship with sensory characteristics. *Food Chemistry*, 95: 307–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.045>
- Puglisi, I., Petrone, G., Lo Piero, A.R. (2014). A kiwi juice aqueous solution as coagulant of bovine milk and its potential in Mozzarella cheese manufacture. *Food and Bioprocess Technology*, 92: 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.07.011>
- Say, D. (2022). Physicochemical composition, nitrogen fraction and volatile profiles of goat cheese made with artisanal liquid coagulant. *Journal of Food Science and Technology*, 59 (6): 2469–2478. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05266-3>
- Say, D., Güzeler, N. (2016). Süt pıhtılaştırılmasında kullanılan bazı bitkiler. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel Sayı: 253–261. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.78563>
- Serhan, M., Linder, M., Hosri, C., Fanni, J. (2010). Changes in proteolysis and volatile fraction during ripening of Darfiyeh, a Lebanese artisanal raw goat's milk cheese. *Small Ruminant Research*, 90: 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.01.008>
- Shah, M.A., Mir, S.A., Paray, M.A. (2014). Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking: A review. *Dairy Science and Technology*, 94: 5–16. <https://doi.org/10.1007/s13594-013-0144-3>
- Shalabi, S.I., Fox, P.F. (1987). Electrophoretic analysis of cheese, comparison of methods. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 11: 135–151.
- Sheskin, D. (2004). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*. New York: Chapman and Hall/CRC Press.

- Soltani, M. (2013). İran'da üretilen ultrafiltre beyaz peynirin özellikleri üzerine tuz oranı ve depolama süresinin etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 168s, Adana.
- Sousa, M.J., Ardo, Y., McSweeney, P.L.H. (2001). Advances in the study of proteolysis in cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 11: 327–345.
- Tamer, I.M. (1993). Identification and partial purification of a novel milk clotting enzyme from *Onopordum turcicum*. *Biotechnology Letters*, 15: 427–432. <https://doi.org/10.1007/BF00128289>
- Tejada, L., Abellán, A., Cayuela, J.M., Martínez-Cacha, A., Fernández-Salguero, J. (2008). Proteolysis in goats' milk cheese made with calf rennet and plant coagulant. *International Dairy Journal*, 18: 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.08.010>
- Tejada, L., Abellán, A., Cayuela, J.M., Martínez-Cacha, A. (2006). Sensorial characteristics during ripening of the Murcia al Vino goat's milk cheese: The effect of the type of coagulant used and the size of the cheese. *Journal of Sensory Studies*, 21: 333–347. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2006.00069.x>
- Tomaszewska-Gras, J., Cais-Sokolińska, D., Bierzuńska, P., Kaczyński, Ł.K., Walkowiak, K., Baranowska, H.M. (2019). Behaviour of water in different types of goats' cheese. *International Dairy Journal*, 95: 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.015>
- Uzkuç, H., Güneşer, O., Karagül Yüceer, Y. (2018). Effects of lipase enzyme and adjunct culture on goat cheese ripening. *GIDA / The Journal of Food*, 43: 250–263. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17102>
- Uzkuç, H., Karagül Yüceer, Y. (2023). Effects of heat treatment, plant coagulant, and starter culture on sensory characteristics and volatile compounds of goat cheese. *International Dairy Journal*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105588>
- van Den Dool, H., Dec. Kratz, P. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 11: 463–471. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X)
- Whetstone, M.E.C., Karagül Yüceer, Y., Avsar, Y.K., Drake, M. A. (2003). Identification and Quantification of Character Aroma Components in Fresh Chevre-style Goat Cheese. *Journal of Food Science*, 68(8), 2441–2447. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb07043.x>
- Veríssimo, P., Faro, C., Moir, A.J., Lin, Y., Tang, J., Pires, E. (1996). Purification, characterization and partial amino acid sequencing of two new aspartic proteinases from fresh flowers of *Cynara cardunculus* L. *European Journal of Biochemistry / FEBS*, 235: 762–768. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1996.00762.x>
- Zaravala, A., Kontakos, S., Badeka, A. V., Kontominas, M.G. (2021). Effect of adjunct starter culture on the quality of reduced fat, white, brined goat cheese: part I. Assessment of chemical composition, proteolysis, lipolysis, texture and sensory attributes. *European Food Research and Technology*, 247: 2211–2225. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03780-4>



## **SİYEZ (*Triticum monococcum*) VE BUĞDAY (*Triticum aestivum*) UNU İÇERİKLİ YAŞ TARHANA İLE ÜRETİLEN ÇÖREKLERİN BİYOAKTİF, FİZİKOKİMYASAL, DUYUSAL VE RAF ÖMRÜ KALİTE PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

**Bilge Şahin, Müge Hendek Ertop\***

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

Geliş/Received: 22.01.2023; Kabul/ Accepted: 04.05.2022; Online baskı/ Published online: 20.06.2023

Şahin, B., Hendek Ertop, M. (2023). Siyez (*Triticum monococcum*) ve buğday (*Triticum aestivum*) unu içerikli yaş tarhana ile üretilen çöreklerin biyoaktif, fizikokimyasal, duyuşsal ve raf ömrü kalite parametrelerinin incelenmesi. GIDA (2023) 48 (4) 698-714 doi: 10.15237/gida. GD23017

Şahin, B., Hendek Ertop, M. (2023). Investigation of bioactive, physiochemical, sensory and shelf life quality parameters of the buns incorporated in wet tarhana produced with einkorn (*Triticum monococcum*) and wheat (*Triticum aestivum*) flour. GIDA (2023) 48 (4) 698-714 doi: 10.15237/gida.GD23017

### **ÖZ**

Bu çalışmada siyez ve buğday unu ile üretilen iki farklı yaş tarhananın çörekte kullanımının, ürünlerin besinsel, fizikokimyasal ve raf ömrü nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, farklı un kullanımı (siyez ve buğday unu) ve yaş tarhana kullanım oranı (%0, %5, %10, %15, %20, %25) değişimi açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen yaş tarhanalar arasında mikrobiyolojik ve temel bileşen analiz sonuçları açısından önemli farklılık tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ). Genel olarak yaş tarhana ilaveli siyez çöreklerinin (SC) antioksidan aktivite (SC: % 43.65-49.74; BC: %13.76-38.89) ve in vitro kül sindirilebilirlik değerlerinin (SC: % 60.72-70.94; BC: % 57.19-62.22) buğday unu çöreklerine (BC) göre önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) yüksek olduğu, fitik asit düzeyinin ise düşük olduğu (SC: % 1251-1397 mg/100g, BC: 1329-1411 mg/100 g) tespit edilmiştir. Ürünlerin kül, yağ ve protein gibi temel bileşen niteliklerdeki değişimlerin yaş tarhana ilavesinden önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) etkilendiği belirlenmiştir. Siyez çörekleri, buğday unu çöreklerine göre daha düşük pH ve yüksek titrasyon asitliği göstermiştir. Duyusal analizler sonucunda en beğenilen çörek örneğinin %20 tarhana ilaveli buğday unu çöreği olduğu, siyez çöreğinde de %20 düzeyinde yaş tarhana ilavesinin ideal olduğu belirlenmiştir. Her iki un tipine ait çöreklerde de yaş tarhana ilavesindeki artışa bağlı olarak ürünlerin rutubet değerleri yüksek, peroksit değerleri ise düşük bulunmuştur. Raf ömrü sürecince de bu sıralama bozulmamış, %25 yaş tarhana içeren çörekler raf ömrü sonunda rutubeti en yüksek, peroksidi en düşük ürünler olarak kalmışlardır. Yaş tarhana ilavesi ürünlerin raf ömrü sürecinde doğal bir hidrokolloid ve antioksidan görevi yapmıştır. Ürünlerin hiç birinde 7 günlük raf ömrü sonucunda küf gelişimi gözlenmemiştir.

**Anahtar kelimeler:** Siyez, buğday, yaş tarhana, tarhana çöreği

\*Yazışmalardan sorumlu yazar /Corresponding author

✉: mugeertop@kastamonu.edu.tr

☎ (+90) 366 2802968

Bilge Şahin; ORCID no: 0000-0003-4516-1062

Müge Hendek Ertop; ORCID no: 0000-0003-4300-7790

## INVESTIGATION OF BIOACTIVE, PHYSIOCHEMICAL, SENSORY AND SHELF LIFE QUALITY PARAMETERS OF THE BUNS INCORPORATED IN WET TARHANA PRODUCED WITH EINKORN (*Triticum monococcum*) AND WHEAT (*Triticum aestivum*) FLOUR

### ABSTRACT

In this study, the effects of using two different types of tarhana produced with einkorn and wheat flour in the buns (a kind of bread-type bakery product) on the nutritional, physicochemical, and shelf life qualities of the products were investigated. The results were evaluated in terms of the changes in the use of different flour (einkorn and wheat flour) and the usage rate of wet tarhana (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%). There was no significant difference between the obtained wet tarhanas in terms of microbiological and basic component analyses ( $P>0.05$ ). In general, the antioxidant activity (SÇ: 43.65-49.74%; BÇ: 13.76-38.89%) and mineral bioavailability values (SÇ: 60.72-70.94%; BÇ: 57.19-62.22%) of wet tarhana added einkorn buns (SÇ) compare to wheat flour buns (BÇ), were found to be significantly high ( $P<0.05$ ), and the phytic acid level was low (SÇ: 1251-1397 mg/100g, BÇ: 1329-1411 mg/100 g). It was determined that the changes in the basic component qualities of the products such as ash, fat, and protein were significantly affected ( $P<0.05$ ) by the addition of wet tarhana. The einkorn flour buns showed lower pH and higher titration acidity than wheat flour buns. As a result of the sensory analysis, it was determined that the most accepted sample was the wheat flour bun with 20% wet tarhana, and the 20% wet tarhana addition was ideal for einkorn buns. Depending on the increase in the addition of wet tarhana, the moisture values of the products were found to be high and the peroxide values were low in the buns with both flour types. Moreover, this sequence was not disturbed during the shelf life, and buns containing 25% wet tarhana remained the products with the highest humidity and the lowest peroxide at the end of the shelf life. The addition of wet tarhana performed as a natural hydrocolloid and an antioxidant, during the shelf life of the products. No mold growth was observed in any of the products as a result of the 7-day shelf life.

**Keywords:** Einkorn, wheat, wet tarhana, tarhana bun

### GİRİŞ

Siyez (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), 14 kromozomlu, protein, karotenoid ve tokol içeriği yüksek olandiploid kabuklu bir ata buğday türüdür. Siyez buğdayı günümüzde üretim ve kullanımı sınırlı olmasına karşın, tarihi yaklaşık 10 bin yıl öncesine kadar dayanan tarımsal kültürel mirasımızın önemli bir parçasıdır (Atasoy ve Hendek Ertop, 2017). Anadolu'da üretiminin en fazla yapıldığı yer Kastamonu olup, ilk sırada Seydiler, Devrekani ve İhsangazi ilçeleri yer almaktadır (Zengin, 2015). Günümüz buğdayları ile karşılaştırıldığında siyez buğdayının yüksek yağ (%2.43-4.20), protein (%11.94-18.10) ve toplam mineral madde (%2.21-2.47) içeriğine sahip olduğu ve daha yüksek karotenoid ve lutein içerdiği belirtilmektedir (Brandolini vd., 2008; Hidalgo ve Brandolini, 2012; Hidalgo ve Brandolini, 2014; Hendek Ertop, 2019; Hendek Ertop ve Atasoy, 2019). Genel olarak siyez buğdayı protein oranı yüksek bir çeşit olarak bilinmekle birlikte, morfolojik olarak kepek

kısımının endosperm tabakasına çok sıkı bağlı olması nedeniyle, günümüz buğdaylarının işlendiği değirmen sistemlerinde una işlenememekte, tam buğday formunda önce kırılmakta daha sonra elenerek mineral, protein ve irmik iriliğinde endosperm parçalarınca zengin kepek tabakası ayrılmaktadır. Dolayısıyla siyezin una işlenmesinde %45-55 randıman esas alınmaktadır. Bu durum siyez unun protein oranında buğdaya göre nispeten düşüğe neden olurken, özellikle dış endosperme bağlı minerallerce zengin aleuron tabakasının elek altına geçerek una karışması, unun toplam kül içeriğinin yükselmesine neden olmaktadır.

Besinsel içeriği ve buna bağlı fonksiyonel faydaları nedeniyle gıdaların siyez unuyla takviye edilmesi, bu sayede tüketiminin artırılması, günlük diyetin besinsel açıdan da zenginleştirilmesi ve sağlıklı beslenmeye katkı sağlanmasını mümkün kılacaktır (Işık ve Keser, 2020).

Yaş tarhana, buğday unu, yoğurt, tarhana otu (*Echiophora sibthorpiana*) ve bazı sebze ve baharatlarla hazırlanan ortalama 7 günlük fermantasyon sonucu oluşan fermente bir üründür. Tarhana üretiminde kullanılan hammaddeler ve miktarları tarhananın besinsel içeriğini ve duyuşsal niteliklerini etkilemektedir (Erkan vd., 2006). Yaş tarhana, Kastamonu ilinde de yöresel ve doğal olarak yetişen, boy otu, darak otu gibi otlarla zenginleştirilerek üretilen, geçmişten günümüze taşınan önemli bir geleneksel gıdadır. Fermente bir gıda olması ve bileşenlerinin zenginliğiyle ortaya çıkan yüksek protein ve vitamin bileşimi sebebiyle beslenme açısından çok önemli bir kategoride yer almaktadır (Köse vd., 2002). Tarhanada spontan fermantasyon ile birlikte yoğurt bakterileri (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*), laktik asit ve diğer bazı organik bileşikler olmak üzere birkaç organik asit üretirler. Organik asitler vesilesiyle ürünün pH'sı düşer, bakteriyostatik etki açığa çıkar (Karahana vd., 2019).

Geleneksel yaş tarhana ve ekşi hamur tekniğı, uzun ve kademeli spontan fermantasyona dayanmaları nedeniyle temel olarak benzemektedirler (Hendek Ertop vd., 2019). Laktik asit bakteri fermantasyonuna dayanan ekşi hamur geçmişten günümüze kadar uzanan, ekmeğ üretimi için kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Ekmeğın raf ömrü, aromatik yapısı, biyoaktif nitelikleri ve ayrıca kalite özelliklerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Protein ve mineral biyoyararlanımında artış, biyoaktif bileşenler ve dirençli nişasta yönünden zenginleşme, ekmeğın bayatlamasının gecikmesi gibi özellikler öne çıkmaktadır (Hendek Ertop ve Hayta, 2016). Ekşi hamurdaki gibi tarhanada da laktik asit fermantasyonu ile ortamdaki karbonhidrat ve protein gibi bileşenlerin mikrobiyota tarafından ön sindirime uğratıldıkları bilinmektedir. Bu da tarhananın daha hızlı sindirilmesi ayrıca yüksek besin değerine sebep olmasını sağlamaktadır. Ayrıca ekşi hamur fermantasyonunda olduğu gibi, proteinlerin peptit ve bazı aminoasitlere kadar parçalanması, biyoaktif peptit ve CO<sub>2</sub> oluşumu, polisakkaritlerin indirgenmesi ve organik asitlerin gelişimi gibi değişimlerin de tarhanada olduğu bilinmektedir (Bilgiçli ve Türker, 2004).

Dolayısıyla sindirime ve biyoyararlanıma katkısı çok yüksektir (Üçok ve Cankurtaran, 2019). Tarhana, içeriğindeki un ve yoğurttan dolayı bitkisel ve hayvansal proteinleri de bulundurmaktadır. Fonksiyonel gıda olarak bilinen tarhana, sağlıklı, besin değeri yüksek, hastalık riskini düşürücü ve doyurucu bir gıda olmasının yanı sıra, fazla oranda serbest aminoasit içeriğı, protein sindirilebilirliği, aminoasit biyoyararlılığı ve besinsel zenginliği geliştirmesi nedeniyle prebiyotik gıda sınıfına da alınmıştır (Erbaş vd., 2006).

Yaş ve toz tarhana genel olarak çorba yapımında kullanılmaktadır. Kastamonu başta olmak üzere Anadolu'nun farklı yörelerinde yaş tarhananın kabartıcı, aroma ve lezzet verici olarak çöreklerle ve ekmeklere katıldığı da görülmektedir. Tarhananın bazı gıdalara ilavesiyle aromatik ve fonksiyonel özelliğinden faydalandığı çalışmalar da yapılmıştır. Bilgiçli ve Türker (2004) tarafından yapılan bir çalışmada %75 toz tarhananın una karıştırılmasıyla üretilen krakerlerin tüketiciler tarafından beğenildiğı ifade edilmiştir. Arpa tarhana hamurunun tava ekmeğı ve kruvasan ürününe ilavesiyle de duyuşsal niteliğın geliştığı bildirilmiştir (Hemat vd., 2010).

Bu çalışmada, yaş tarhananın spontan ekşi mayaya benzer uzun fermantasyon süresi sonucu gelişecek aromatik yapısı, zengin besinsel içeriğı ve fermantasyonla birlikte getireceğı biyoaktif nitelikleri itibariyle tava çöreğı tipinde bir fırıncılık ürününde kullanımı denenmiştir. Çalışma kapsamında, Kastamonu'da geleneksel olarak üretilen yaş tarhana ile yine Kastamonu'da tarımı yapılan siyez buğdayının bir araya getirilmesiyle, günümüz tüketicilerinin istifadesine sunulacak fonksiyonel, besinsel açıdan zengin çörek tipi bir fırıncılık ürününün geliştirilmesi ve bazı fizikokimyasal, biyoaktif ve duyuşsal niteliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Siyez ve karşılaştırmalı olarak buğday unları ile üretilen tarhanalar ve bu tarhanaların yine kendi unları ile üretilen çöreklerle belirli oranlarda ilavesiyle, ürünlerin kalite ve raf ömrü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmayla geleneksel yaş tarhana ve siyez ununun tüketimine alternatif bir kullanım alanı sunulması da amaçlanmıştır.

### MATERYAL VE YÖNTEM

Üretimde kullanılan hammaddeler (domates, yoğurt, kırmızı biber, maydanoz, soğan, darak otu, fesleğen, kimyon, tuz, susam, tereyağı, sıvıyağ, kabartma tozu, yumurta) yerel bir marketten temin edilmiştir. Buğday unu (%14.29 protein, %0.75 yağ, %0.76 kül) ve siyez unu (%13.66 protein, %1.48 yağ, %1.66 kül) örnekleri yerel bir un fabrikasından (Kastamonu, Türkiye), tuz ve kabartma tozu (Dr. Oetker) yerel bir süpermarketten temin edilmiştir. Kimyasallar Merck (Darmstadt, Almanya); DPPH radikali ve pepsin enzimi (P7000  $\geq$  250unit/ mg) ise Sigma (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

### Tarhana Üretimi

Tarhananın üretiminde spontan fermantasyon esasına dayalı geleneksel Kastamonu yaş tarhanası yapım yöntemi uygulanmıştır. Tarhana yapımında kurutulmuş darak otu (5 g), maydanoz (5 g), kırmızı biber (15 g), kimyon (2 g), tuz (20 g), yoğurt (100 g), domates (25 g), soğan (15 g), un (150 g), fesleğen (1 g) kullanılmıştır. Laboratuvar tipi parçalayıcıdan (Bosh, Almanya) geçirilen maydanoz, kırmızı biber, domates, soğan ile darak otu, fesleğen ve tuz (formülde verilenin yarısı kadar) yoğurdun içerisine ilave edilerek, tahta kaşık ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında ağzı kapalı olarak bekletilen tarhanalar 12 saatte bir olmak üzere, 3 gün boyunca karıştırılmıştır. 3 günün sonunda karışım elekten süzülerek posa kısımları ayrılmıştır. Un ile yoğurma basamağına geçmeden önce süzüntünün içine kalan tuz ve kimyon ilave edilmiştir. Un da ilave edilerek her 12 saatte bir defa karıştırılmış pH  $4.0 \pm 0.5$ 'a geldiğinde fermantasyona son verilmiştir. Örnekler kullanılıncaya kadar ağzları kapalı olarak kavanozlarda buzdolabı koşullarında saklanmıştır.

### Tarhana Çöreği Üretimi

Tarhana çöreği yapımında siyez ve buğday unu olmak üzere 2 tip un kullanılmıştır. Her bir çörek tipine yine aynı undan üretilmiş tarhanadan %0, %5, %10, %15, %20, %25 oranlarında katılarak 6'şar adet çörek üretilmiştir. Çörek yapımında un (180 g), yaş tarhana (belirlenen oranlarda), yoğurt (32 g), sıvı yağ (18.5 g), tereyağ (8.5 g), yumurta (15 g), kabartma tozu (3.25 g), su (59 ml)

kullanılmıştır. Temel tuz içeriği tarhanadan geleceğinden dolayı tüm çöreklerin aynı tuz miktarına sahip olması için artan tarhana miktarına bağlı olarak 5.74 g;4.88 g; 3.92 g; 2.85 g; 1.68 g ve 0 gram (sırasıyla) olarak ilave tuz miktarları ayarlanmıştır. Hamur mikserine (Arçelik, Türkiye) alınan malzemeler 10 dk süre ile yoğrulduktan sonra, 300 g kesilip şekil verilen hamur 36 °C'de 20 dk %70-80 bağıl nemde dinlendirme kabineine (JSR, Kore) alınmıştır. Kabinden çıkan hamurun yüzeyi bıçak yardımı ile çizilmiş ve 180 °C de fırında (Siemens, Türkiye) 40 dk süresince pişirilmiştir.

### Temel Bileşen Analizleri

Protein analizi, Kjeldahl yöntemine (AACC Metot No: 2000) göre yarı otomatik protein tayin cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1 g örnek tartılarak protein yakma cihazında yakma yapılmış, daha sonra sırasıyla destilasyon, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ile damıtma ve HCl ile titrasyon yapılmıştır. Örneklerin yağ içeriği Soxhlet cihazı kullanılarak petrol eteri yardımıyla yapılan ekstraksiyonla belirlenmiştir (AACC Metot No: 30-25.01, 1990). Numunelerin rutubet içerikleri, tartım kaplarına konulan örneklerin 105 $\pm$ 3 °C'ye ayarlı etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulması ile tespit edilmiştir (AACC Metot No: 44-19.01, 1999). Kül miktarının belirlenmesi ön kurutmaya tabi tutulan örneklerin 500 °C'a ısıtılmış kül fırınında yakılması ile gerçekleştirilmiştir (AACC Metot No: 08-01.01, 1990). Örneklerin protein, kül, yağ ve rutubet (%) sonuçlarının toplanıp 100'den çıkartılması ile karbonhidrat (%) içeriği tespit edilmiştir. Analizler 2 paralel yapılarak sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

### Renk Tayini

Kolorimetrik renk ölçüm cihazı (3nh Colorimeter, NR145, Çin) ile örneklerin L\* (parlaklık), a\* (kırmızılık), b\* (sarılık) değerleri belirlenmiştir.

### pH ve Toplam Titrasyon Asitliği (TTA)

pH metre elektrotunun yaş tarhana hamuru içerisine batırılmasıyla ölçüm yapılmıştır. Çöreklerde ise 10 g örnek üzerine 90 mL su eklenerek homojen olana kadar karıştırılmış, pH metre elektrotu çözelti içerisine daldırılarak örneklerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha



sonra süspansiyon filtre kâğıdından süzülerek, içerisine fenoltalein indikatörü damlatılmış ve 0.1 N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk alınıncaya kadar ve teyit etmek amacıyla da pH değerleri 8.3'e erişinceye kadar titre edilmiştir (Rizzello vd., 2016).

#### **In -vitro Kül Sindirilebilirlik Oranı**

Sindirilebilir kül miktarı tayini, in-vitro olarak Hayta ve Hendek Ertop (2017)'e göre yapılmıştır. 1 g örnek üzerine 25 mL pepsin çözeltisi (0.03 N 1 litre HCl + 2 g pepsin) ilave edilip karıştırılarak, bu karışım çalkalamalı inkübatörde/su banyosunda 37 °C'de 3 saat tutulup, sürenin sonunda her bir örnek standart külsüz filtre kâğıdından süzümüştür. Filtre kâğıdı üstünde kalan kısım, filtre kâğıdı ile birlikte kül fırınında yakılarak kül miktarı belirlenmiştir. Bulunan değer toplam kül miktarından çıkarılarak sindirilebilir kül miktarı hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak aşağıdaki formüle göre Kül Sindirilebilirlik Oranı (KSO) hesaplanmıştır.

$$KSO (\%) = \frac{\text{Sindirilebilir Kül Miktarı}}{\text{Toplam Kül Miktarı}} \times 100 \quad (1)$$

#### **Fitik Asit İçeriği**

Anti-nutrient olarak fitik asit içeriğinin belirlenmesi için fitat fosforunun kolorimetrik yöntemle tespiti metodu kullanılmıştır (Haugh vd., 1983). Yönteme göre, örnekler 10 mL 0.2 N HCl ile ekstrakte edilmiştir. 0.5 mL ekstrakt 1 mL ferrik çözeltisi (0.2 g amonyum demir (III) sülfat 12H<sub>2</sub>O, 100 mL 2 N HCL içinde çözülür ve 1 L'ye eriştirilir). Tüpler 30 dk sıcak su banyosunda tutularak, oda sıcaklığına soğutulduktan sonra, 2 mL of 2-2ç- Bipiridin çözeltisi ilave edilmiştir. Supernatanttaki demirin düşüşü kolorimetrik olarak 519 nm'de fitik asit içeriği olarak ölçülmüştür.

#### **Viskozite**

Yaş tarhananın viskozitesi oda sıcaklığında rotasyonel viskozimetre (Spindel No:7) kullanılarak 5; 10; 15; 30, 60 ve 80 rpm'de ölçümlenmiş ve ardışık yapılan okumaların ortalaması alınarak, akış davranış modeli belirlenmiştir (Hendek Ertop vd., 2019).

#### **Antioksidan Aktivite**

Ekstraksiyon amacıyla 2 g örnek tartılarak üzerine 20 mL %80'lik metanol solüsyonu ilave edilmiş ve 37 °C'de 2 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır (Hendek Ertop, 2014). Örnekler 15 dk 10000 rpm'de santrifüjlenerek, süpernatant kısımları alınmıştır. Ardından filtre kâğıdından süzülerek antioksidan aktivite tayininde kullanılmak üzere cam şişelere aktarılmıştır. Antioksidan aktivite, serbest radikallerin süpürülmesine dayanan DPPH metodu kullanılarak, elde edilen ekstrakt ile yapılmıştır (Hendek Ertop, 2014; Keshri vd., 2002). Ekstrakt içerisindeki fenolik bileşiklerin DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisini tespit etmek amacıyla, 2 mL %80'lik metanol, 150 µL ekstrakt ve 350 µL DPPH çözeltisinden oluşan karışım 15 s vortekste karıştırılıp, 30 dk karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda UV-VIS spektrofotometrede 517 nm'de absorbansları okunmuş ve % inhibisyon değerleri aşağıdaki formül ile tespit edilmiştir;

$$\text{İnhibisyon değeri } \% = [1 - (\frac{AS}{AO})] * 100 \quad (2)$$

AS : Örnek ekstraktına ait absorbans değeri  
A0 : Şahit DPPH çözeltisinin absorbans değeri

#### **Laktik Asit Bakterileri ve Küf/Maya Sayımı**

10 g örnek ve 90 mL steril fizyolojik tuzlu su (%0.85'lik FTS) kullanılarak örnekler homojenize edilmiş ve ardışık dilüsyonlar hazırlanmıştır. Laktik asit bakterilerinin sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan 0.1 mL alınarak, de Man Rogosa Sharpe Agar (MRS agar) üzerine yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve petri kutuları anaerobik kavanozlara yerleştirilerek 36 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Tarhana örneklerinde maya sayımı ile çörek örneklerinde raf ömrü süresince (1, 3, 5 ve 7. günler) maya-küf sayımı amacıyla, FTS içerisinde ardışık dilüsyonlar hazırlanarak uygun dilüsyonlardan 0.1 mL alınmış, Yeast Ekstrakt Glucose Chloromfenicol (YGC) agar üzerine yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve 27 °C'de 48 saat inkübe edilerek sayımlar gerçekleştirilmiştir (Hendek Ertop vd., 2018).

#### **Peroksit Analizi**

Raf ömrü süresince zamana bağlı karşılaştırılabilir sonuçlar elde edebilmek amacıyla peroksit analizi

AOCS (Official Method Cd 8b-90, 2017)' de belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Bu amaçla 0.5 g tartılan örnek 2.5 mL kloroform ile çözülerek, 7.5 mL asetik asit ve 0.5 mL doymuş potasyum iyodür ilavesinden sonra 10 dk karanlık ortamda ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından 37.5 mL destile su ve birkaç damla nişasta (%1'lik) indikatörlüğünde 0.01 N ayarlı sodyum tiosülfat ile titrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Titrasyon bitiş noktası olan berrak renk oluşumuyla elde edilen sarfiyat aşağıdaki formülde yerine konulup peroksit sayıları hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit sayısı} = [V1 - V0] * N / M \quad (3)$$

V1 ve V0 sırasıyla örnek ve kör için harcanan miktar, N; titrasyon çözeltisinin normalitesi ve M de örnek ağırlığıdır. Gerçekleştirilmiş olan

peroksit sayısı analiz sonuçları meq O<sub>2</sub>/kg yağ şeklinde verilmiştir.

### Duyusal Analiz

Üretim sonrası 12 adet tarhana çöreği kendi arasında karşılaştırılarak hem lezzet profilleri belirlenmiş hem de panelistlerin duyusal beğeni durumları değerlendirilmiştir. Bu amaçla örneklerin genel yapı ve lezzet profiline dair bir değerlendirme formu hazırlanmıştır. Kastamonu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisans ve yüksek lisans öğrencilerinden 10 yarı eğitimli panelist seçilmiştir. Panelistlere, panel öncesi sunulan ve ürün kalite niteliklerinin ifade edildiği duyusal değerlendirme kriterleri Çizelge 1'de verilmiştir. Örneklerin değerlendirilmesinde 5 puanlık hedonik skala (5 puan: Çok beğendim- 1 puan: Hiç beğenmedim) kullanılmıştır.

Çizelge 1. Tarhana çöreklerinin duyusal değerlendirme nitelikleri

Table 1. Sensory evaluation properties of tarhana bun samples

| Duyusal özellikler / Sensory properties            |                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aroma/Koku<br><i>Flavour</i>                       | Aşırı ekşi, mayalanmış, yavan veya yabancı kokuya sahip olmamalı<br><i>It should not have excessive sour, weak flavor or foreign taste and odor</i>                                |
| Renk<br><i>Color</i>                               | Kendine özgü ve uniform renkte olmalı<br><i>It should have a uniform color</i>                                                                                                     |
| İç gözenek<br><i>Crumb</i>                         | Küçük, ince, homojen gözenek yapısına sahip olmalı<br><i>It should have small, thin, homogeneous porous</i>                                                                        |
| Yapı<br><i>Texture</i>                             | Hamurumsu, ıslak, çok kuru, ufalanan yapıda olmamalı, yumuşak ve pürüzsüz olmalı<br><i>It should not be pasty, wet, very dry and crumbly texture. It should be soft and smooth</i> |
| Çiğneme özellikleri<br><i>Chewness</i>             | Hamurumsu ve yapışkan olmamalı<br><i>It should not be pasty and sticky</i>                                                                                                         |
| Lezzet profile / Taste profile                     |                                                                                                                                                                                    |
| Ekşilik<br><i>Sourness</i>                         | Örneklerin ağızda bıraktığı ekşiliğin hissedilme ve kabul düzeyi<br><i>The level of feeling and acceptability of the sourness left by the samples in the mouth</i>                 |
| Genel baharat düzeyi<br><i>General spice level</i> | Baharat tadının duyusal beğeni düzeyi<br><i>The level of sensory acceptability of spicy taste</i>                                                                                  |
| Tuzluluk<br><i>Saltiness</i>                       | Tuz tadının duyusal kabul düzeyi<br><i>The level of sensory acceptability of spicy taste</i>                                                                                       |
| Acılık<br><i>Bitterness</i>                        | Örneklerin damakta bıraktığı acılığın hissedilme düzeyi<br><i>The level of sense of bitterness remaining in the mouth</i>                                                          |
| Tatlılık<br><i>Sweetness</i>                       | Şeker tadı hissedilme düzeyi<br><i>The sensation level of sugar taste</i>                                                                                                          |
| Artık tat<br><i>Off-flavor</i>                     | Örneklerin yuttuktan sonra ağızda bıraktığı istenmeyen tat/koku düzeyi<br><i>The level of unpleasant odors or tastes left by the samples after swallowing</i>                      |

**İstatistiksel Analizler**

Deneylerde elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde veriler çoklu varyans analizine tabi tutularak (ANOVA) örneklerin veri ortalamaları arasındaki fark  $P<0.05$  anlamlılık düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testi

yapılarak belirlenmiştir. İkili veri karşılaştırmalarında ise *t*-testi kullanılmıştır.

**SONUÇ VE TARTIŞMA****Tarhana Hamurlarının Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Nitelikleri**

Buğday ve siyez unu ile hazırlanan tarhanaların oda sıcaklığında farklı rotasyonel hızlarda (10, 20, 40, 60, 80 rpm) belirlenmiş viskozite değerleri Çizelge 2 (a)'da verilmiştir.

Çizelge 2. Tarhana hamurlarının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değerleri  
Table 2. Some physicochemical and microbiological values of tarhana doughs

| Rotasyonel hız<br><i>Rotational speed</i><br>(rpm) | Buğday tarhanası<br><i>Wheat flour tarhana</i><br>(cP) | Siyez tarhanası<br><i>Einkorn flour tarhana</i><br>(cP) |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 10                                                 | 68.68                                                  | 21.81                                                   |
| 20                                                 | 51.55                                                  | 19.53                                                   |
| 40                                                 | 41.00                                                  | 18.88                                                   |
| 60                                                 | 32.67                                                  | 17.23                                                   |
| 80                                                 | 32.49                                                  | 16.43                                                   |

(a)

|                                                    | Buğday unu tarhanası<br><i>Wheat flour tarhana</i> | Siyez tarhanası<br><i>Einkorn flour tarhana</i> | <i>p</i> değeri*<br><i>p value*</i> |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|
| LAB (kob/g)<br><i>Lactic acid bacteria (cfu/g)</i> | 2.10 <sup>7</sup>                                  | 1.10 <sup>7</sup>                               | 0.230                               |
| Maya (kob/g)<br><i>Yeast (cfu/g)</i>               | 34.10 <sup>3</sup>                                 | 4.10 <sup>3</sup>                               | 0.395                               |

(b)

| Rutubet (%)<br><i>Moisture (%)</i> | 44.37±0.17 | 42.47±0.18 | 0.060 |
|------------------------------------|------------|------------|-------|
| Kül (%)<br><i>Asb (%)</i>          | 5.84±0.05  | 5.34±0.03  | 0.038 |
| Protein (%)<br><i>Protein (%)</i>  | 14.67±0.06 | 13.73±0.08 | 0.054 |
| Yağ (%)<br><i>Fat (%)</i>          | 3.24±0.18  | 3.37±0.02  | 0.097 |
| pH<br><i>pH</i>                    | 4.63±0.22  | 4.64±0.24  | 0.961 |

(c)

\*( $P<0.05$ ) örnekler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu göstermektedir.

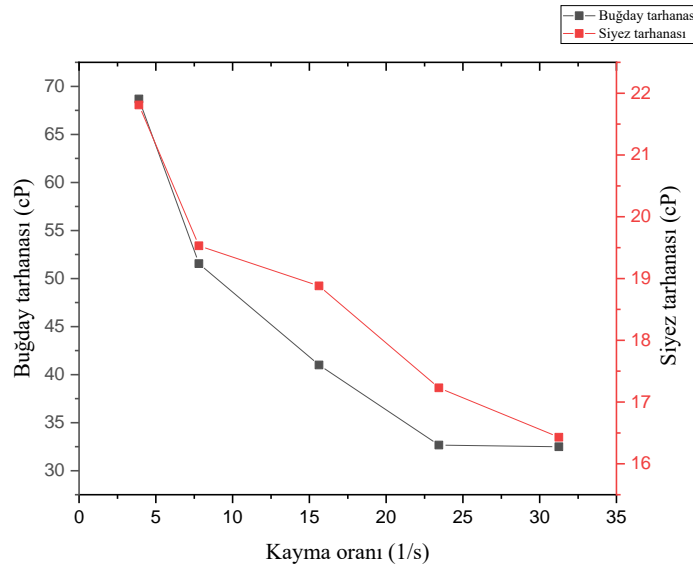
\*( $P<0.05$ ) indicates that the difference between samples is statistically significant.

Verilerden görüleceği üzere buğday tarhanası başlangıçta ve aynı rotasyonel hızlarda daha yüksek viskozite değerlerine sahiptir. Siyez tarhanasında ise viskozite değerlerinin oldukça

düşük olduğu belirlenmiştir. Aynı içeriğe sahip tarhanaların farklı viskozite değerlerine sahip olmaları özellikle onların farklı protein niteliklerine sahip olmalarından kaynaklanmıştır.

Siyez tarhanasının hem su tutma kapasitesinin düşük olması hem de daha az gluten içermesi viskozitesinin düşük olmasına neden olmuştur. Kayma oranının artışı ile her iki tarhana örneğinin viskozite değerinde azalış görülmektedir. Pek çok sıvı gıda örneği artan kayma kuvvetine karşılık viskozitesinde değişim göstermektedir ki bu tür akışkanlara “ideal olmayan” veya “Newtonian olmayan” akışkanlar adı verilmektedir. Bu çalışmadaki tarhana örneklerinin tümü de

Newtonian olmayan akış karakteri göstermiştir. Newtonian olmayan akışkanlar ise uygulanan kayma kuvvetine karşılık viskozitesinde artış olması durumunda “Dilatant”, uygulanan kuvvete karşılık viskozitesinde azalma olması durumunda ise “Pseudoplastik” sıvılar olarak sınıflandırılırlar. Şekil 1’de görüldüğü üzere uygulanan kayma oranlarındaki artışa karşılık tüm örneklerin viskoziteleri düştüğü için bu çalışmadaki tarhana örnekleri “Pseudoplastik” davranış göstermiştir.



Şekil 1. Tarhana örneklerinin akış davranışları

Figure 1. Flow behavior of tarhana samples

Fermentasyon süresi sonunda tarhana örneklerinde maya ve anaerobik laktik asit bakterisi (LAB) sayımları yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2 (b)’de verilmiştir. Siyez ve buğday tarhanalarının LAB ve maya sayımları arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Tarhana, ekşi hamura benzer olarak spontan fermentasyon yöntemi ile üretilen bir gıdadır. Ekşi hamurların genel mikroflorasını laktik asit bakterileri ve mayalar oluşturmaktadır. Fermentasyon besinsel özelliklerin iyileştirilmesinin yanı sıra ürünün mikrobiyolojik açıdan stabilitesini koruyarak raf ömrünü uzatmaya katkı sağlamaktadır.

Siyez ve buğday unu ile hazırlanan yaş tarhana örneklerinin temel bileşen içerikleri kuru madde

üzerinden belirlenmiş ve Çizelge 2 (c)’de verilmiştir. Tarhanaların kül içerikleri haricinde diğer bileşenleri açısından aralarındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Tarhana formülasyonlarında kullanılan yoğurt, tahıl unu gibi temel hammaddelere göre tarhana bileşenlerinin değişim gösterebileceği bilinmektedir.

#### Tarhana Çöreklerinin Temel Bileşen İçerikleri ve Bazı Biyoaktif Nitelikleri

Yaş tarhana ilavesiyle ürünlerin kül, yağ içeriklerinin azaldığı, genel olarak siyez çöreklerinin toplam mineral madde düzeylerinin buğday unu çöreklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum çalışmada kullanılan siyez unu kül içeriğinin buğday ununa göre daha

yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yaş tarhana ilavesinin ürünlerin protein düzeylerini, rutubet içeriklerini ise artırdığı ( $P<0.05$ ) belirlenmiştir. Tarhana kullanımının diğer bir etkisi ise ürün asitlik düzeylerinde görülmüştür. Yaş tarhana ilavesindeki artış genel olarak pH değerlerinin düşmesine, toplam titrasyon asitliği değerlerinin ise artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, siyez örneklerindeki titrasyon asitliği değerlerindeki artış istatistiksel olarak önemli bulunmazken ( $P>0.05$ ), buğday çöreklerinde iki kattan daha fazla artış tespit edilmiştir (BÇ1:%0.20; BÇ6:%0.45).

Tarhana çöreklerinin biyoaktif nitelikleri de Çizelge 3'de görülmektedir. Biyoaktif niteliklerden ön önemli değişim antioksidan aktivitede ortaya çıkmıştır. Her iki çörek grubunda da tarhana miktarının artması ile antioksidan aktivitenin (% inhibisyon) arttığı belirlenmiştir. Genel olarak yaş tarhana ilaveli siyez çöreklerinin (SÇ) antioksidan aktivite değerlerinin (SÇ: % 43.65-49.74) buğday unu çöreklerine (BÇ: %13.76-38.89) göre önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arası fark değerlendirildiğinde siyez çöreklerinin % inhibisyon düzeyleri buğday unu örneklerinden önemli düzeyde yüksektir. Diğer taraftan grup içi artış değerlendirildiğinde ise, artan tarhana kullanımına bağlı olarak antioksidan aktivitedeki artış buğday unu çöreklerinde daha fazladır, BÇ1:%13.76 iken yaş tarhana ilavesiyle % inhibisyon BÇ6 örneğinde %38.89 düzeyine kadar yükseltmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar siyez buğdayı ve ununun antioksidan aktivitesinin buğday ununa göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019). Ancak bu artışta şüphesiz tarhana fermantasyonunun da etkisi olmuştur. Fermantasyonla gelişen asitlik mikrobiyotanın metabolitlerden biri olan organik asitlerden kaynaklanmaktadır. Organik asitlerin birincil etkisi lezzet üzerine olup ekşilik karakterini oluşturmasıdır. Diğer taraftan yapılan araştırmalar, artan asitliğin aynı zamanda enzim aktivitesini, biyoaktif peptidlerin oluşumunu, fenolik asit seviyesini, antioksidan aktiviteyi, biyoaktiviteyi ve biyoyararlanım özelliklerini etkilediğini göstermektedir (Rizzello vd., 2012;

Gobbetti vd., 2014; Hayta ve Hendek Ertop, 2017).

Genel olarak yaş tarhana ilaveli siyez çöreklerinin in-vitro kül sindirilebilirlik değerlerinin (SÇ: % 60.72-70.94; BÇ: % 57.19-62.22) buğday unu çöreklerine (BÇ) göre önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) yüksek olduğu, fitik asit düzeylerinin ise daha düşük olduğu (SÇ: % 1251-1397 mg/100g, BÇ: 1329-1411 mg/100 g) tespit edilmiştir. Her iki grupta da yaş tarhana ilavesi ürünlerin fitik asit içeriklerini azaltmış, kül sindirilebilirliğini artırmıştır. Özellikle siyezli ürünlerde %15 yaş tarhana ilavesinden sonra (SÇ4), buğday unlu ürünlerde %10 yaş tarhana ilavesinden sonra en yüksek biyoyararlanım düzeyine ulaşılmıştır. Fitik asit vücut için gerekli olan minerallerle kompleksler oluşturmakta ve bunların biyoyararlanımını azaltmaktadır (Lopez vd., 2002). Ancak laktik asit bakterilerinin en önemli metabolitlerinden biri olan fitaz enzimi, fermente ürünler olan tarhana, ekşi hamur gibi tahıl ve tahıl ürünlerindeki fitik asidin parçalanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle fermantasyon, tahıllardaki antinutrient düzeylerini azaltan ve tahılların protein ve mineral sindirilebilirliğini artırarak besin değerine katkı sağlayan önemli bir prostestir. Fermantasyon sırasında fitik asitteki azalma, fermantasyon sırasında mikroorganizmalar tarafından salınan fitaz enzimi ile yine fermantasyon sırasında aktif hale gelen tahıl endojen fitaz aktivitesinin etkisine bağlanabilir (Gupta vd., 2015; Hendek Ertop ve Bektaş, 2018).

### **Tarhana Çöreklerinin Bazı Fiziksel Özellikleri**

Tarhana çöreklerinin hacim/ağırlık özellikleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. Çörek örneklerinde farklı un kullanımı ve tarhana oranı artışı ürün ağırlıkları arasında önemli etki oluşturmamıştır ( $P>0.05$ ). Siyez çöreklerinde tarhana oranının artmasıyla hacim azalırken, buğday çöreklerinde belirli bir oransallık gözlenmemiş, diğer taraftan en yüksek hacim BÇ4 örneğinde elde edilmiştir. Buğday unlu çöreklerin hacimleri siyez unlu çöreklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum siyez ve buğday unlarının gluten miktar ve yapısının farklı olmasından, siyez unundaki düşük

## Siyez ve buğday unlu tarhana çöreklerinin raf ömrü ve kalite parametreleri

gluten içeriğine bağlı gaz tutma kabiliyetinin de düşük olmasından kaynaklanmıştır. Örnekler bir arada değerlendirildiğinde siyez unu kullanılan çöreklerin  $a^*$  (kırmızılık) ve  $b^*$  (sarılık) değerleri, buğday unu kullanılan çöreklerle göre daha yüksek bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu farklılığın nedeninin kullanılan tarhana çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çöreklerin pişme sonrası  $a^*$  değeri artmaktadır. Fırın sıcaklığında pişen çöreklerin içerisindeki serbest amino asitler ve

şekerler Maillard reaksiyonuna girerek koyu renkli melanoidin bileşiklerini meydana getirmektedir. Bu reaksiyon ile beraberinde  $a^*$  (kırmızılık) değeri de artış göstermektedir ( $P<0.05$ ). Karbonhidrat ve protein içeren gıda maddeleri yüksek sıcaklıklarda (kızartma ve fırında) ( $120^{\circ}\text{C}$  ve daha yüksek) pişirilmesi ile birlikte akrilamid bileşiğini oluşturmaktadır. Bu bileşik gıda maddelerinin renk, lezzet ve aroma oluşumunu sağlar (Yıldız vd., 2010).

Çizelge 3. Tarhana çöreklerinin temel bileşen içerikleri ve bazı biyoaktif nitelikleri

Table 3. Basic components and some bioactive properties of tarhana bun samples

| Numune Sample | Kuru madde**<br>Dry matter<br>(%) | Kül<br>Ash<br>(%)       | Yağ<br>Fat<br>(%)           | Protein<br>Protein<br>(%)  | Karbonhidrat<br>Carbohydrate<br>(%) |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| SÇ1           | 73.08±0.45 <sup>aA</sup>          | 3.64±0.02 <sup>cC</sup> | 15.33±0.28 <sup>aAB</sup>   | 13.45±0.04 <sup>cDE</sup>  | 67.58±0.83 <sup>aA</sup>            |
| SÇ2           | 71.24±0.27 <sup>abAB</sup>        | 3.39±0.01 <sup>dD</sup> | 14.82±0.28 <sup>abBC</sup>  | 13.10±0.04 <sup>cE</sup>   | 69.09±1.04 <sup>aA</sup>            |
| SÇ3           | 70.80±0.35 <sup>abcABC</sup>      | 3.43±0.02 <sup>dD</sup> | 14.46±0.16 <sup>abBCD</sup> | 13.56±0.20 <sup>bcDE</sup> | 68.55±1.17 <sup>aA</sup>            |
| SÇ4           | 69.57±0.60 <sup>bcBCD</sup>       | 3.97±0.03 <sup>aA</sup> | 13.40±0.20 <sup>bcDE</sup>  | 14.09±0.11 <sup>abBC</sup> | 68.55±1.18 <sup>aA</sup>            |
| SÇ5           | 68.60±0.24 <sup>cdCDE</sup>       | 3.79±0.01 <sup>bB</sup> | 12.55±0.38 <sup>cEF</sup>   | 14.08±0.06 <sup>abBC</sup> | 69.58±0.86 <sup>aA</sup>            |
| SÇ6           | 66.94±0.69 <sup>dEFG</sup>        | 3.27±0.03 <sup>eE</sup> | 12.50±0.16 <sup>cEF</sup>   | 14.21±0.07 <sup>aBC</sup>  | 70.02±1.39 <sup>aA</sup>            |
| BÇ1           | 67.10±0.87 <sup>aDEF</sup>        | 2.59±0.03 <sup>eH</sup> | 16.65±0.23 <sup>aA</sup>    | 13.58±0.02 <sup>cDE</sup>  | 67.18±1.22 <sup>bA</sup>            |
| BÇ2           | 66.24±0.34 <sup>abEFG</sup>       | 2.78±0.01 <sup>bG</sup> | 15.31±0.28 <sup>bAB</sup>   | 13.81±0.15 <sup>cCD</sup>  | 68.10±0.83 <sup>abA</sup>           |
| BÇ3           | 66.09±0.47 <sup>abEFG</sup>       | 2.30±0.02 <sup>eJ</sup> | 15.07±0.23 <sup>bB</sup>    | 14.28±0.07 <sup>bBC</sup>  | 68.35±0.88 <sup>abA</sup>           |
| BÇ4           | 65.05±0.23 <sup>abFG</sup>        | 2.92±0.01 <sup>aF</sup> | 13.57±0.23 <sup>cDE</sup>   | 14.53±0.03 <sup>bB</sup>   | 68.89±0.60 <sup>abA</sup>           |
| BÇ5           | 65.05±0.32 <sup>abFG</sup>        | 2.06±0.01 <sup>fK</sup> | 11.67±0.20 <sup>dFG</sup>   | 14.53±0.02 <sup>bB</sup>   | 71.74±0.56 <sup>aA</sup>            |
| BÇ6           | 64.50±0.14 <sup>bG</sup>          | 2.43±0.01 <sup>dI</sup> | 10.56±0.24 <sup>dG</sup>    | 15.19±0.03 <sup>aA</sup>   | 71.81±0.52 <sup>aA</sup>            |

| Numune Sample | pH<br>pH                   | Titrasyon<br>asitliği<br>Titration acidity | İnhibisyon<br>Inhibition<br>(%) | Fitik asit<br>Phytic acid<br>(mg/100g) | Kül sindirilebilirlik<br>oranı<br>Mineral digestibility<br>(%) |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| SÇ1           | 6.50±0.28 <sup>aB</sup>    | 0.45±0.07 <sup>aABC</sup>                  | 43.65±2.62 <sup>bABC</sup>      | 1397.83±6.41 <sup>aAB</sup>            | 60.72±0.38 <sup>cE</sup>                                       |
| SÇ2           | 6.46±0.11 <sup>abB</sup>   | 0.45±0.07 <sup>aABC</sup>                  | 44.18±1.12 <sup>abABC</sup>     | 1346.41±11.10 <sup>abBC</sup>          | 60.86±0.18 <sup>cDE</sup>                                      |
| SÇ3           | 6.44±0.23 <sup>abB</sup>   | 0.45±0.07 <sup>aABC</sup>                  | 44.44±1.50 <sup>abABC</sup>     | 1333.81±12.40 <sup>bC</sup>            | 66.12±0.91 <sup>bB</sup>                                       |
| SÇ4           | 6.10±0.19 <sup>abcBC</sup> | 0.50±0.00 <sup>aAB</sup>                   | 46.30±1.12 <sup>abAB</sup>      | 1316.94±12.31 <sup>bCD</sup>           | 70.51±0.47 <sup>aA</sup>                                       |
| SÇ5           | 5.91±0.16 <sup>bcBC</sup>  | 0.60±0.00 <sup>aA</sup>                    | 48.68±0.75 <sup>abA</sup>       | 1261.30±19.89 <sup>cDE</sup>           | 70.57±0.43 <sup>aA</sup>                                       |
| SÇ6           | 5.63±0.16 <sup>cC</sup>    | 0.60±0.00 <sup>aA</sup>                    | 49.74±0.75 <sup>aA</sup>        | 1251.45±15.84 <sup>cE</sup>            | 70.94±0.30 <sup>aA</sup>                                       |
| BÇ1           | 8.12±0.13 <sup>aA</sup>    | 0.20±0.00 <sup>cD</sup>                    | 13.76±0.75 <sup>cG</sup>        | 1411.04±18.14 <sup>aA</sup>            | 57.19±0.65 <sup>bF</sup>                                       |
| BÇ2           | 6.55±0.77 <sup>bB</sup>    | 0.30±0.00 <sup>bcCD</sup>                  | 20.63±4.49 <sup>bcFG</sup>      | 1405.02±9.89 <sup>aA</sup>             | 56.58±0.42 <sup>bF</sup>                                       |
| BÇ3           | 6.51±0.06 <sup>bB</sup>    | 0.30±0.00 <sup>bcCD</sup>                  | 29.10±0.75 <sup>abEF</sup>      | 1367.64±17.83 <sup>abABC</sup>         | 62.98±0.56 <sup>aCD</sup>                                      |
| BÇ4           | 6.24±0.05 <sup>bBC</sup>   | 0.30±0.00 <sup>bcCD</sup>                  | 31.75±1.50 <sup>abDE</sup>      | 1369.43±7.38 <sup>abABC</sup>          | 64.38±0.83 <sup>abBC</sup>                                     |
| BÇ5           | 6.11±0.02 <sup>bBC</sup>   | 0.40±0.00 <sup>abBC</sup>                  | 36.51±5.24 <sup>aCDE</sup>      | 1318.89±16.62 <sup>bC</sup>            | 62.60±0.28 <sup>aCDE</sup>                                     |
| BÇ6           | 5.97±0.03 <sup>bBC</sup>   | 0.45±0.07 <sup>aABC</sup>                  | 38.89±0.37 <sup>abCD</sup>      | 1329.79±16.83 <sup>bC</sup>            | 62.22±0.74 <sup>aCDE</sup>                                     |

\* Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a-d) örnekler için (Siyez içerikli örnekler, buğday unu içerikli örnekler) veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ ). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A-G) tüm örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ ).

\*Different lowercase letters (a-d) in the same column indicate that the difference between the within-group (Einkorn buns and wheat flour buns) data of samples is statistically significant ( $P<0.05$ ). Different capital letters (A-G) in the same column indicate that the difference between all samples is statistically significant ( $P<0.05$ ).

\*\* Temel bileşen değerleri kuru madde üzerinden verilmiştir.

\*\* The values were given on dry matter.



Çizelge 4. Tarhana çöreklerinin bazı fiziksel özellikleri  
Table 4. Some physical properties of tarhana bun samples

| Örnek<br>Sample | Ağırlık<br>Weight         | Hacim<br>Volume               | Spesifik hacim<br>Specific volume | Renk değerleri<br>Color       |                           |                            |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                 | (g)                       | (cm <sup>3</sup> )            | (cm <sup>3</sup> /g)              | L*                            | a*                        | b*                         |
| SÇ1             | 261.54±0.80 <sup>aA</sup> | 517.00±10.61 <sup>aBC</sup>   | 1.98±0.05 <sup>aABC</sup>         | 48.56±0.16 <sup>abDEF</sup>   | 19.10±0.50 <sup>cB</sup>  | 33.38±0.46 <sup>cdCD</sup> |
| SÇ2             | 261.13±3.50 <sup>aA</sup> | 486.00±5.66 <sup>bCDE</sup>   | 1.86±0.05 <sup>abBC</sup>         | 46.14±0.32 <sup>bcEFG</sup>   | 20.21±0.54 <sup>bA</sup>  | 32.91±0.22 <sup>dD</sup>   |
| SÇ3             | 261.84±2.07 <sup>aA</sup> | 482.50±3.54 <sup>bDE</sup>    | 1.84±0.03 <sup>abBC</sup>         | 45.30±2.29 <sup>bcFG</sup>    | 20.22±0.43 <sup>bA</sup>  | 32.68±0.38 <sup>dD</sup>   |
| SÇ4             | 258.30±2.55 <sup>aA</sup> | 467.50±3.54 <sup>bE</sup>     | 1.81±0.03 <sup>bC</sup>           | 49.78±1.38 <sup>aDE</sup>     | 20.43±0.08 <sup>bA</sup>  | 35.64±0.45 <sup>bB</sup>   |
| SÇ5             | 260.70±3.54 <sup>aA</sup> | 425.00±7.07 <sup>cF</sup>     | 1.63±0.05 <sup>cD</sup>           | 47.00±0.45 <sup>abcDEFG</sup> | 20.87±0.11 <sup>abA</sup> | 34.57±0.69 <sup>bcBC</sup> |
| SÇ6             | 264.95±0.92 <sup>aA</sup> | 421.00±5.66 <sup>cF</sup>     | 1.59±0.02 <sup>cD</sup>           | 44.76±1.36 <sup>cG</sup>      | 21.23±0.34 <sup>aA</sup>  | 38.79±0.26 <sup>aA</sup>   |
| BÇ1             | 259.22±1.52 <sup>aA</sup> | 485.00±7.07 <sup>cDE</sup>    | 1.87±0.04 <sup>bCD</sup>          | 54.28±0.72 <sup>bBC</sup>     | 16.79±0.10 <sup>aC</sup>  | 28.74±0.39 <sup>abEF</sup> |
| BÇ2             | 259.95±3.04 <sup>aA</sup> | 507.50±10.61 <sup>bcBCD</sup> | 1.95±0.06 <sup>abBC</sup>         | 48.35±0.65 <sup>cDEFG</sup>   | 17.05±0.25 <sup>aC</sup>  | 27.90±0.29 <sup>bF</sup>   |
| BÇ3             | 263.80±1.13 <sup>aA</sup> | 512.50±10.61 <sup>bcBCD</sup> | 1.94±0.05 <sup>bBC</sup>          | 49.51±1.99 <sup>cDE</sup>     | 17.30±0.47 <sup>aC</sup>  | 27.59±0.41 <sup>bF</sup>   |
| BÇ4             | 259.65±1.06 <sup>aA</sup> | 557.50±10.61 <sup>aA</sup>    | 2.15±0.05 <sup>aA</sup>           | 54.76±2.02 <sup>bB</sup>      | 17.37±0.49 <sup>aC</sup>  | 29.77±0.36 <sup>aE</sup>   |
| BÇ5             | 263.60±1.56 <sup>aA</sup> | 527.00±9.90 <sup>abAB</sup>   | 2.00±0.05 <sup>abD</sup>          | 50.67±0.49 <sup>cCD</sup>     | 17.40±0.09 <sup>aC</sup>  | 27.79±0.32 <sup>bF</sup>   |
| BÇ6             | 263.50±0.57 <sup>aA</sup> | 507.50±10.61 <sup>bcBCD</sup> | 1.93±0.04 <sup>bD</sup>           | 60.62±0.88 <sup>aA</sup>      | 17.59±0.22 <sup>aC</sup>  | 25.92±0.68 <sup>cG</sup>   |

\* Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a-d) örnekler için (Siyez içerikli örnekler, buğday unu içerikli örnekler) veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ ). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A-G) tüm örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ ).

\*Different lowercase letters (a-d) in the same column indicate that the difference between the within-group (Einkorn buns and wheat flour buns) data of samples is statistically significant ( $P<0.05$ ). Different capital letters (A-G) in the same column indicate that the difference between all samples is statistically significant ( $P<0.05$ ).

### Tarhana Çöreklerinin Duyusal Özellikleri

Tarhana çöreklerinin genel yapısını ifade eden duyusal analiz sonuçları Çizelge 5’de, lezzet profil sonuçları ise radar grafikleri ile Şekil 2’de verilmiştir.

Genel olarak çörekler ilave edilen yaş tarhana miktarındaki artış %20 oranında kullanım düzeyine kadar özellikle tat ve aromatik yönden beğenilmiş, ancak daha yüksek kullanım, baskın tarhana lezzet ve aromasına neden olduğundan kabul görmemiştir. Genel olarak buğday çöreği örnekleri daha yüksek beğeni puanları almıştır. Tüm özellikler bir arada değerlendirildiğinde, aroma-koku, renk, yapı ve tat nitelikleri açısından %20 oranında tarhana içeren BÇ5 çöreği en fazla beğenilen çörek olurken, en düşük puanı alan çörek ise %0 tarhana kullanılan SÇ1 çöreği

olmuştur ( $P<0.05$ ). Siyez ununun nispeten yüksek yağ ile kepek, ruşeym gibi fraksiyonlardan dolayı kendine özgü lezzeti tarhana lezzeti ile birleştiğinde, daha nötr tat ve lezzete sahip olan buğday ununa göre daha az beğeni almasına neden olmuştur. Nötr lezzet ve aromaya sahip ekmeklik buğday unu, tarhananın kendine özgü lezzeti için de iyi bir taşıyıcı olmuştur. Bu durum Şekil 2’de siyez çöreklerinin “Artık Tat” niteliğinden daha düşük puan almasından da açıkça görülmektedir.

### Tarhana Çöreklerinin Raf Ömrü Süresince Bazı Kalite Değişimleri

Tarhana çöreklerine ait 7 günlük raf ömrü sürecinde rutubet ve peroksit değişimleri tespit edilmiş, ayrıca raf ömrü sonunda 7. gün mikrobiyolojik olarak maya ve küf düzeyleri (kob/gr) belirlenmiştir (Şekil 3 ve 4).

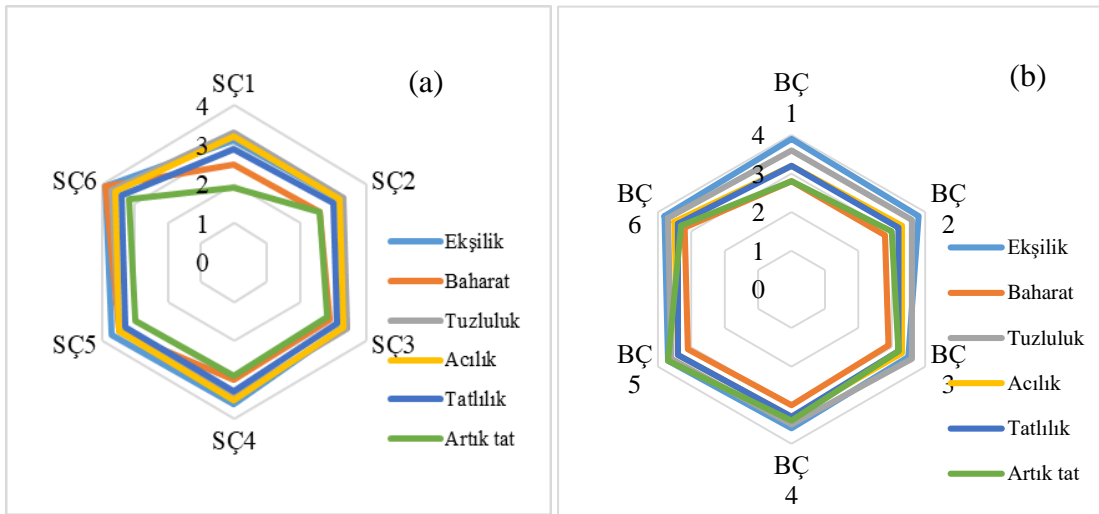
Siyez ve buğday unlu tarhana çöreklerinin raf ömrü ve kalite parametreleri

Çizelge 5. Tarhana çöreklerinin duysal özellikleri  
Table 5. Sensory characteristics of tarhana bun samples

| Örnek<br>Sample | Aroma/koku<br>Flavor   | Renk<br>Color          | İç gözenek<br>Crumb    | Yapı<br>Texture        | Çiğneme<br>özellikleri<br>Chewness |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|
| SÇ1             | 3.00±0.29 <sup>a</sup> | 3.50±0.16 <sup>b</sup> | 2.70±0.17 <sup>i</sup> | 2.00±0.17 <sup>i</sup> | 3.00±0.26 <sup>i</sup>             |
| SÇ2             | 3.10±0.24 <sup>b</sup> | 3.80±0.19 <sup>e</sup> | 4.30±0.24 <sup>a</sup> | 4.50±0.24 <sup>a</sup> | 3.30±0.26 <sup>g</sup>             |
| SÇ3             | 3.70±0.37 <sup>d</sup> | 3.80±0.36 <sup>e</sup> | 3.70±0.38 <sup>d</sup> | 4.00±0.22 <sup>b</sup> | 3.50±0.41 <sup>f</sup>             |
| SÇ4             | 4.00±0.41 <sup>c</sup> | 3.70±0.35 <sup>f</sup> | 3.20±0.22 <sup>g</sup> | 3.90±0.25 <sup>c</sup> | 3.80±0.37 <sup>c</sup>             |
| SÇ5             | 4.30±0.31 <sup>a</sup> | 3.70±0.33 <sup>f</sup> | 4.00±0.12 <sup>b</sup> | 3.60±0.35 <sup>d</sup> | 3.60±0.35 <sup>e</sup>             |
| SÇ6             | 4.10±0.26 <sup>b</sup> | 3.70±0.36 <sup>f</sup> | 3.10±0.33 <sup>h</sup> | 3.30±0.46 <sup>e</sup> | 3.50±0.54 <sup>f</sup>             |
| BÇ1             | 3.40±0.25 <sup>g</sup> | 4.50±0.29 <sup>a</sup> | 3.90±0.23 <sup>c</sup> | 3.60±0.30 <sup>d</sup> | 3.90±0.36 <sup>b</sup>             |
| BÇ2             | 3.50±0.18 <sup>f</sup> | 4.30±0.31 <sup>b</sup> | 3.90±0.23 <sup>c</sup> | 3.20±0.20 <sup>f</sup> | 3.80±0.23 <sup>c</sup>             |
| BÇ3             | 3.60±0.29 <sup>e</sup> | 4.30±0.28 <sup>b</sup> | 3.60±0.27 <sup>e</sup> | 3.00±0.35 <sup>g</sup> | 3.70±0.54 <sup>d</sup>             |
| BÇ4             | 4.00±0.18 <sup>c</sup> | 4.10±0.16 <sup>c</sup> | 3.50±0.27 <sup>f</sup> | 2.80±0.24 <sup>h</sup> | 3.60±0.40 <sup>e</sup>             |
| BÇ5             | 4.10±0.30 <sup>b</sup> | 4.00±0.27 <sup>d</sup> | 4.30±0.32 <sup>a</sup> | 3.60±0.20 <sup>d</sup> | 4.40±0.33 <sup>a</sup>             |
| BÇ6             | 3.50±0.28 <sup>f</sup> | 3.60±0.28 <sup>g</sup> | 2.80±0.41 <sup>i</sup> | 2.20±0.26 <sup>i</sup> | 3.20±0.26 <sup>h</sup>             |

\*Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ( $P<0.05$ )

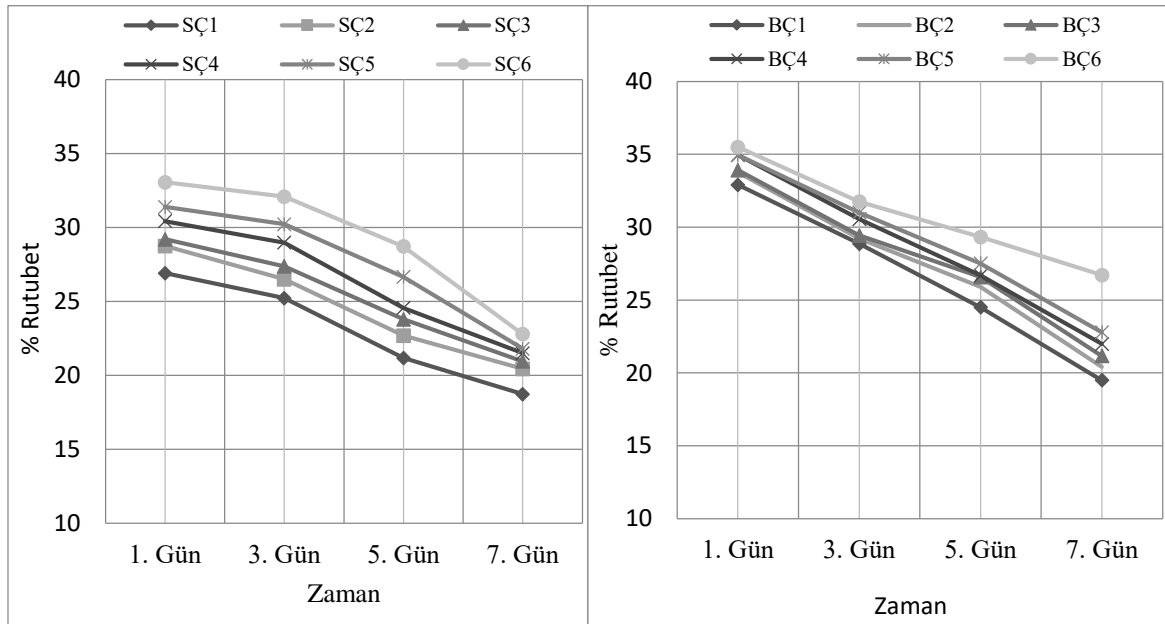
\*Different letters in the same column indicate that the difference between all samples is statistically significant ( $P<0.05$ ).



\*SÇ: Siyez unu çörekleri; BÇ: Buğday unu çörekleri

\*SÇ: Einkorn flour buns; BÇ: Wheat flour buns

Şekil 2. Siyez (a) ve Buğday unu (b) tarhana çöreklerinin lezzet profili radar grafiği  
Figure 2. Radar graphs of taste profile of Einkorn (a) and wheat flour (b) tarhana bun samples



\*SÇ: Siyez unu çörekleri; BÇ: Buğday unu çörekleri

\*SÇ: Einkorn flour buns; BÇ: Wheat flour buns

Şekil 3. Tarhana çöreklerinin raf ömrü sürecindeki rutubet değişimleri

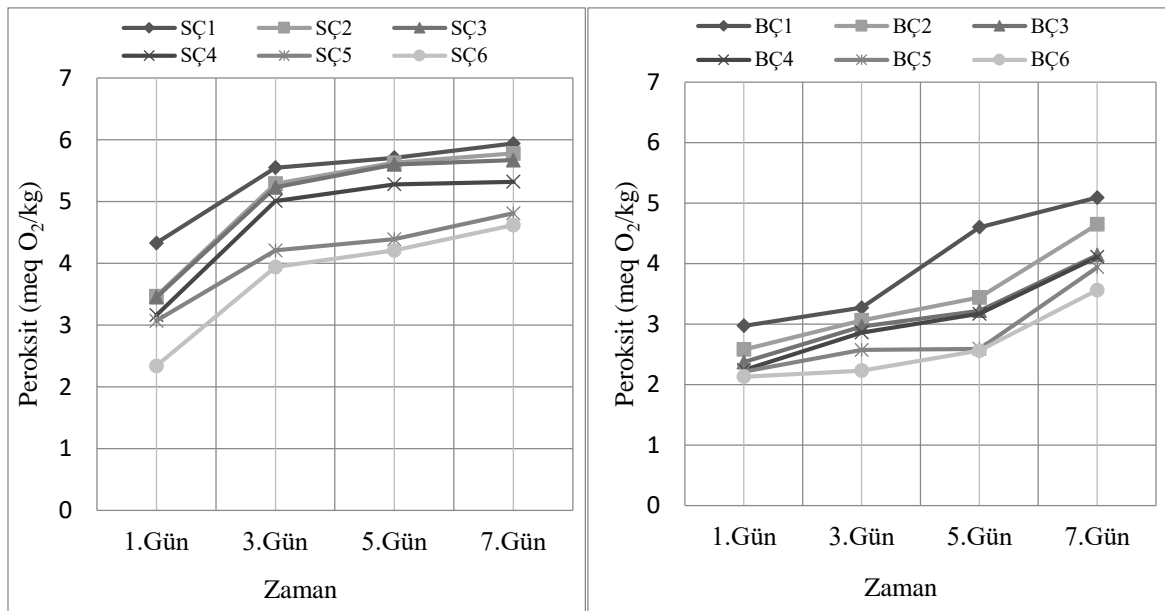
Figure 3. Moisture changes of tarhana bun samples during shelf life

Her iki un tipinde de çöreklerle ilave edilen yaş tarhana miktarındaki artışa bağlı olarak çöreklerin rutubetleri de artış göstermiştir. Un farkı olmaksızın yaş tarhana kullanımının çöreklerin rutubet içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Siyez çöreklerinde en düşük rutubet SÇ1 örneğinde (%26.92), en yüksek SÇ6 örneğinde (%33.06), buğday çöreklerinde en düşük rutubet BÇ1 (%32.90), en yüksek BÇ6 örneğinde (%35.50) olduğu tespit edilmiştir. Her iki çörek çeşidinde de 7 günlük raf ömrü sürecinde ürünler rutubetlerini kaybetmelerine rağmen, tarhana içeriğine bağlı olarak rutubet içeriklerini muhafaza etmişler, 1.gün yüksek tarhana içeriğine bağlı yüksek nem içeriğine sahip ürünler 7.gün de yüksek rutubet içeriği sergilemişlerdir. Siyez unu içerikli çöreklerin rutubetleri 1, 3 ve 5.günlerde aralarındaki farkı korumuş ancak 7.gün genel olarak birbirlerine yakın (%18.74-22.79) olarak raf ömrü süresini tamamlamışlardır. Buğday unu içerikli ürünler ise BÇ1,BÇ2,BÇ3,BÇ4 ve BÇ5 örnekleri raf ömrü süresince benzer rutubet kaybı profili sergilerken, BÇ6 örneği daha yüksek rutubet içeriği (%26.71) ile raf ömrünü tamamlamıştır.

Tarhana çöreklerinin 7 gün süresince peroksit içeriklerindeki (meq O<sub>2</sub>/kg) değişim Şekil 4'de gösterilmiştir. Her iki çörek grubunda da depolama süresi boyunca peroksit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Kullanılan un çeşidinin ve yaş tarhana kullanım oranının ürünlerin peroksit içerikleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Her iki un çeşidi ile yapılan çöreklerde de yaş tarhana kullanım oranı arttıkça peroksit içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir. 1.gün yapılan ölçümlerde siyez çöreklerinde en düşük peroksit içeriği SÇ6 örneğinde (2.34 meq O<sub>2</sub>/kg), en yüksek SÇ1 örneğinde (4.33 meq O<sub>2</sub>/kg), buğday çöreklerinde en düşük peroksit BÇ6 (2.13 meq O<sub>2</sub>/kg), en yüksek BÇ1 örneğinde (2.97 meq O<sub>2</sub>/kg) olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak siyez çöreklerinin sahip olduğu peroksit içeriği aralığı buğday çöreklerinden daha yüksektir. Her iki ürün grubunda da raf ömrü süresince peroksit değerlerinde artış gözlenmesine rağmen, başlangıçtaki sıralama değişmemiş, siyez içerikli ürünler (SÇ1:5.94; SÇ6:4.62 meq O<sub>2</sub>/kg) 7.gün sonunda buğday unu içerikli ürünlere (BÇ6:3.56; BÇ1:5.09 meq O<sub>2</sub>/kg) göre daha yüksek peroksit değerleri ile raf ömürlerini tamamlamışlardır.

Siyez unlu çöreklerde yüksek peroksit değerlerinin siyez un yağ oranının buğday ununa göre yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Spontan ve laktik asit bakteri fermentasyonuna dayanması nedeniyle yaş tarhana ekşi hamura benzemektedir. Tarhana miktarının artması ile peroksit değerinin azalması ise formülde artan yaş tarhana miktarına göre oransal olarak yağ içeriğinin azalmasına da (Çizelge 3) bağlanabilir. Ayrıca fermente bir ürün olarak tarhana içeriğinden kaynaklanan antioksidan aktivitenin de peroksit oluşumu üzerinde azaltıcı etkiye neden

olduğu düşünülmektedir. Nitekim spontan fermentasyona dayanan ve bu özelliği nedeniyle ekşi hamura benzeyen tarhanada, laktik asit fermentasyonu ile gerçekleşen asitlik artışı ve proteoliz arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak biyoaktif peptitlerin oluşumunun antioksidan etkiye katkıda bulunması da muhtemeldir. Bazı laktik asit bakterilerinin ekşi hamur fermentasyonu sırasında antioksidan peptitler ürettiği de belirtilmektedir (Coda vd., 2012; Hayta ve Hendek Ertop, 2017).



\*SÇ: Siyez unu çörekleri; BÇ: Buğday unu çörekleri  
\*SÇ: *Einkorn flour buns*; BÇ: *Wheat flour buns*

Şekil 4. Tarhana çöreklerinin raf ömrü sürecindeki peroksit içeriği değişimleri

Figure 4. Peroxide content changes of tarhana bun samples during shelf life

Tarhana çöreklerinde ayrıca 7.gün sonunda maya ve küf sayımları (kob/g) yapılmıştır. Oda sıcaklığında ve steril poşetler içerisinde bekletilen çörek örneklerinde maya-küf gelişimi gözlenmemiş ve değerler  $<10^2$  kob/g olarak tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi mikrobiyolojik kriterler tebliğinde ekmek ve ekmek çeşitlerine ait maya/küf alt limit değeri  $10^2$  kob/g dır (TGK., 2009). Yaş tarhananın ilave edildiği çöreklerde asitlik gelişimiyle ekşi maya görevi görerek küf gelişimini yavaşlattığı düşünülebilir. Nitekim ekşi hamur kullanılan ekmeklerde küf gelişiminin

yavaşladığı daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Dal Bello vd., 2007). Diğer taraftan bu çalışmada elde edilen örneklerin rutubet içerikleri ortalama %26-35 aralığından raf ömrü sonunda %18-26 aralığına kadar düşmüştür. Bu değerler standart ekmek rutubetinden daha düşük değerlerdir. Ayrıca ekmekte küflenme daha çok yüzey kontaminasyonu sonucu gelişmektedir. Dolayısıyla hem çöreklerin rutubet içeriğinin düşük olması hem de steril poşette raf ömrü süresince depolanmaları küf gelişiminin gözlenmemesine neden olmuştur.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada siyez ve buğday unu ile hazırlanan 2 farklı tarhana örneğinin yine aynı tip unlardan yapılan çöreklerde 6 farklı oranda kullanılmasıyla toplam 12 örnek üretimi gerçekleştirilmiş, bu ürünler temel bileşen içerikleri, bazı biyoaktif nitelikler ve bazı raf ömrü nitelikleri açısından karşılaştırılmışlardır. Hem farklı un kullanımının hem de yaş tarhana oranındaki değişimin etkileri belirlenmiştir. Genel olarak yaş tarhana ilavesindeki artış ürünlerin nem ve protein düzeylerini artmasına, yağ ve kül içeriklerinin azalmasına neden olmuştur. Ayrıca yaş tarhana ilavesiyle her iki ürün grubunda da antioksidan aktivitede, sindirilebilirlikte ve fitik asit degradasyonunda artış tespit edilmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, yaş tarhana kullanımının yalnızca çörek değil, diğer ekme türlerine de ilave edilmesiyle zenginleştirilmiş ve fonksiyonellik kazandırılmış ürünlerin günlük diyeteye dahil edilmesinin beslenme açısından yararlı olacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan siyez unlu yaş tarhana içeren örneklerin de daha yüksek asitlik gelişimi gösterdiği, incelenen biyoaktif nitelikler açısından önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir ki, siyez hakkında yapılan daha önceki çalışmalarda belirtildiği üzere özellikle antioksidan aktivite niteliği bu çalışmada da teyit edilmiştir. Buğday unu ve ürünleri antioksidan aktivite açısından zaten çok düşük niteliğe sahip olduğundan, %25 yaş tarhana ilavesi (BÇ6) buğday unu çöreğinde ortalama 3 katına yakın %inhibisyon değerinde artış sağlamıştır. Bu sonuç yaş tarhana gibi fermente ürün ilaveleri ile buğday ekmeğinin biyoaktif açıdan zenginleştirilebileceğini göstermektedir. Bu çalışmadaki temel bulgulara ek olarak ekmeğin amino asit, mineral madde kompozisyonu ile diğer biyoaktivite testleri de yapılarak besinsel profilindeki iyileşmenin gelecek çalışmalarda yapılabileceği de düşünülmektedir.

Çöreklerin yaş tarhana oranı arttıkça lezzet yönüyle duyu analizi sonucu aldıkları puan artmıştır. %20 tarhana ilavesi olan BÇ5 çöreği tüm örnekler içinde en beğenilen ürün olmuştur. Siyez unlu çörekler içinde ise toplamda en yüksek puanı SÇ5 örneği almıştır. Örneklerin mikrobiyolojik olarak 7 günlük raf ömrü sürelerinde herhangi bir

küf gelişimi tespit edilmemiştir. Yaş tarhana ilavesindeki artış ürünlerin başlangıç rutubetlerinin de atmasına neden olurken, raf ömrü süresince ürünler rutubet kaybetmelerine rağmen, raf ömrü sonunda da nem içeriklerindeki bu sıralama değişmemiştir. Çalışmada geliştirilen bu ürünün tüketime sunulması durumunda, 7 günden daha fazla depolama koşulunu sağlayabilmesi için vakum veya modifiye atmosfer gibi alternatif paketleme yöntemlerine başvurunun faydalı olacağı, buna dair raf ömrü çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir. Alternatif paketleme yöntemlerinin denenmesinin nispeten yağ içeriği yüksek çörek tipi bu fırıncılık ürününde peroksit gelişimini yavaşlatma açısından da yararlı olacağı söylenebilir. Nitekim, çörek örneklerinin raf ömrü süresince peroksit değerlerinde de artış meydana geldiği belirlenmiştir. Özellikle siyez çöreklerinin peroksit değerleri, siyez ununun yağ içeriğinin yüksek olmasının da etkisiyle, buğday unlu çöreklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Bu açıdan özellikle yağ oranı yüksek çips tipi ürünlerde tercih edilen, metalize Cpp/Opp gibi alternatif ambalaj malzemelerinin de gelecek çalışmalarda değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Literatürde gerek siyez unu gerekse tarhananın alternatif kullanım alanlarına dair yapılan çalışmaların kısıtlı olduğu görülmüş olup, özellikle hem çeşnilendirmeye hem de farklı alanlarda kullanıma açık fermente bir gıda olan tarhananın nihai ürün değil hammadde olarak kullanımının, farklı fonksiyonel ürünlerin üretimine kapı açacağı düşünülmektedir. Sektöre ve tüketicilere fikir vermesi ve yeni ürünlerin üretimine ışık tutması amacıyla yapılan bu çalışmanın coğrafi işaretli iki ürünü bir araya getirmesi, kullanım taleplerini artırmaya potansiyeli açısından da önem taşımaktadır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, başka kişiler veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZAR KATKILARI

Bu çalışma BŞ ve MHE tarafından tasarlanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar

makalenin yazımına katkıda bulunmuş, son halini okuyarak onaylamıştır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bilge ŞAHİN'in yüksek lisans tezi sonuçlarından hazırlanmıştır. Yazarlar katkılarından dolayı Kastamonu Üniversitesine ve Merkezi Araştırma Laboratuvarına teşekkürlerini sunarlar.

### KAYNAKLAR

Alçay, A. Ü., Ahmetoğlu, F. (2020). Glutenle ilişkili rahatsızlıklar ve glutensiz ekmek üretimi. *Aydın Gastronomi*, 4(2), 135-148.

Atasoy, R., Hendek Ertop, M. (2017). Thermal heat processing effects on phytic acid content and mineral bioavailability of einkorn wheat. In congress on Food Quality and Safety, Health (Pp. 38-39), Macedonia

Bilgiçli, N., Türker, S. (2004). Tarhanada sindirilebilir protein ve kül miktarı üzerine maya, malt unu ve fitaz katkılarının etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18 (33), 90-97.

Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour, *J Cereal Sci*, 47: 599–609. doi: 10.1016/j.jcs.2007.07.005

Coda, R., Rizzello, C.G., Pinto, D. & Gobbetti, M. (2012). Selected lactic acid bacteria synthesize antioxidant peptides during sourdough fermentation of cereal flours. *Appl. Environ. Microbiol.*, 78:1087–1096.

Coşkun, İ. (2019). Türkiye Kökenli Diploid ve Tetraploid Kavuzlu Buğday Hatlarının Genetik İlişkilerinin Belirlenmesi ve Morfolojik Tanımlanması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

Dal Bello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmera, H., Schober, T.J., Strom, K., Sjogrend, J., Sinderen, D., Schnurer, J., Arendt, E.K. (2007). Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* Fst 1.7. *J Cereal Sci*, 45: 309–318. doi: 10.1016/j.jcs.2006.09.004

Elgün, A. Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi. 4. Baskı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Erzurum.

Emeksizoglu, B. (2016). Kastamonu Yöresinde Yetiştirilen Siyez (*Triticum monococcum* L.) Buğdayının Bazı Kalite Özellikleri İle Bazlama ve Erişte Yapımında Kullanımının Araştırılması, Samsun Ondokuzmayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Samsun

Erbaş, M. (2006). Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar. *Türkiye*, 9, 24-26

Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H. (2006). A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana. *Food Chem.* 97:12–18.

Faid, M., Bakhy, K., Anchad, M. Tantaoui-Elaraki, A., (1995). Almond paste: Physicochemical and microbiological characterization and preservation with sorbic acid and cinnamon, *J. Food Prot.*, 58 (5): 547-550.

Gupta, R.K., Gangoliya, S.S., Singh, N.K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micro-nutrients in food grains. *J. Food Sci. Technol.* 52 (2): 676–684. doi: 10.1007/s13197-013-0978-y

Han, Ş., Hendek Ertop, M. (2022). Kastamonu'da üretilen siyez buğdayının (*Triticum monococcum*) bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri, *Akademik Gıda*, 20(1): 63-70, doi: 10.24323/akademik-gida.1097846.

Haugh, W., Lantsch, H. J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J. Sci. Food Agric.* 34, 1423-1426.

Hayta, M., Hendek Ertop, M. (2017). Optimisation of sourdough bread incorporation into wheat bread by response surface methodology: Bioactive and nutritional properties, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 52 (8):1828-1835. doi:10.1111/ijfs.13457.

Hendek Ertop, M. (2014). Ekşi hamur formül optimizasyonunun ekmeğin aromatik profili, biyoaktif nitelikleri ve raf ömrü üzerine etkileri, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

- Hendek Ertop, M., Hayta, M. (2016). Ekşi hamur fermantasyonunun ekmeğin biyoaktif bileşenleri ve biyoyararlanımı üzerindeki etkileri. *Gıda*, 41(2): 115-122.
- Hendek Ertop, M., Bektaş, M. (2018). Enhancement of bioavailable micronutrients and reduction of antinutrients in foods with some processes, *Food and Health*, 4(3): 159-165. doi: 10.3153/FH18016.
- Hendek Ertop, M., İlter, Ş.M., Yılmaz F., Baltacı C., Gündoğdu, A. (2018). Quality properties of wheat breads incorporated with dried sourdoughs produced with different fermentation and drying methods, *Food Sci. Technol. Res*, 24 (6): 971-980, doi: 10.3136/fstr.24.971
- Hendek Ertop, M. (2019). Comparison of industrial and homemade bulgur produced from einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*): physicochemical, nutritional and microtextural properties, *J. Food Process. Preserv.*, 43 (2), e13863. doi:10.1111/Jfpp.13863.
- Hendek Ertop, M., Atasoy, R. (2019). Comparison of physicochemical attributes of einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*) and evaluation of morphological properties using scanning electron microscopy and image analysis, *J. Agric. Sci.*, 25(2): 93-99. doi: 10.15832/ankutbd.539009
- Hendek Ertop, M., Cerit, Z. G., Atasoy, R. (2019). Evaluation of physicochemical, nutritional and sensory properties of the wet tarhana, *Food Science and Quality Management*, 83:61-67, doi:10.7176/Fsqm/83-08
- Hidalgo, A., Brandolini, A. (2012). Lipoxigenase activity in wholemeal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. *Food Chem*, 131:1499–1503. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.132.
- Hidalgo, A., Brandolini, A. (2014). Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 56: 382–394. doi: 10.1002/jsfa.6382.
- Işık, F., Keser, A. (2020). Siyez buğdayının sağlık üzerine etkileri. *STED/Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 29(4): 299-304.
- Karahan, A. M., Köten, M., Karahan, L. E., Yazman, M. M. (2019). Tarhananın besinsel önemi ve fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3): 120-129.
- Köse, E., Çağrı, Ö. S. (2002). An investigation into the use of different flours in tarhana. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 37: 21-222. doi: 10.1046/j.1365-2621.2002.00559.x
- Rizzello, C.G., Montemurro, M., Lorusso, A. (2016). Use of sourdough made with quinoa (*Chenopodium quinoa*) and autochthonous selected lactic acid bacteria for enhancing the nutritional, textural and sensory features of white bread. *Food Microbiol.*, 56, 1–13.
- TGK., (2009). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (Tebliğ No: 2009/6-68)
- Üçok, G., Cankurtaran, T., Demir, M. K. (2019). Geleneksel tarhana üretiminde kinoa ununun kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1): 22-30. doi:10.29050/harranziraat.402350
- Yıldız, O., Şahin, H., Meryem, K., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S. (2010). Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda*, 8(6): 44-51.
- Zengin, G. (2015). Bazı İlkel Buğdaylarda Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya



## PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY ANALYSES OF FUNCTIONAL DETOX JUICES FERMENTED WITH WATER KEFIR GRAINS

Ayca Gülhan\*

Department of Food Technology, Vocational School of Technical Sciences, Aksaray University, Aksaray, Türkiye

Received /Geliş: 25.03.2023; Accepted / Kabul: 14.06.2023; Published online / Online baskı: 21.06.2023

Gülhan, A. (2023). Physicochemical, microbiological and sensory analyses of functional detox juices fermented with water kefir grains. *GIDA* (2023) 48 (4) 715-727 doi: 10.15237/ gida.GD23039

Gülhan, A. (2023). Su kefir taneleri ile fermente edilmiş fonksiyonel detoks sularının fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal analizleri. *GIDA* (2023) 48 (4) 715-727 doi: 10.15237/ gida.GD23039

### ABSTRACT

In this study, detox juice prepared from green fruit and vegetable juices was fermented with water kefir grains at 25 °C for 48 hours and stored at 4 °C for 6 days. The samples had pH values of 3.41-3.97, titratable acidity of 0.196-0.495 g/100 mL, and brix values of 8%-10.4%. The 0<sup>th</sup> day samples had less phenolic substance than the control (861.26±0.24 mg GAE/L) ( $P<0.05$ ). DPPH (82.2±0.19%) and CUPRAC (1.18±0.05 mmol Trolox/g) were the highest on the 6<sup>th</sup> day of storage. At the end of fermentation, an increase in color values for  $L^*$  and  $b^*$  and a decrease in  $a^*$  value were determined ( $P<0.05$ ). The microorganism loads rose from the 2<sup>nd</sup> to the 6<sup>th</sup> day of storage. Green fruit and vegetable juices may be utilized to make water kefir, an innovative functional beverage for vegetarians and vegans who can not consume probiotic dairy products.

**Keywords:** Water kefir, detox juice, fermentation, microbiology, sensory analyses

## SU KEFİR TANELERİ İLE FERMENTE EDİLMİŞ FONKSİYONEL DETOKS SULARININ FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ANALİZLERİ

### ÖZ

Bu çalışmada, yeşil meyve ve sebze sularından hazırlanan detoks suyu, su kefir taneleri ile 25 °C 'de 48 saat fermente edilmiş ve 4 °C 'de 6 gün depolanmıştır. Örneklerin pH değerleri 3.41-3.97, titre edilebilir asitlik değerleri 0.196-0.495 g/100 mL, brix değerleri %8-%10.4 arasında bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı kontrol (861.26±0.24 mg GAE/L) ile karşılaştırıldığında 0. gün (798.41±0.32 mg GAE/L) numunelerinde istatistiksel olarak azalmıştır ( $P<0.05$ ). DPPH (%82.2±0.19) ve CUPRAC (1.18±0.05 mmol Trolox/g) depolamanın 6. gününde en yüksekti. Fermantasyon sonunda  $L^*$  ve  $b^*$  için renk değerlerinde artış,  $a^*$  değerinde azalma belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolama süresinin 2. gününden 6. gününe kadar belirlenen mikroorganizma yükleri log KOB/mL olarak artmıştır. Probiyotik süt ürünlerini tüketemeyen vejetaryenler ve veganlar için yenilikçi fonksiyonel bir içecek olan su kefir yapımında yeşil meyve ve sebze suları kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Su kefir, detoks suyu, fermantasyon, mikrobiyoloji, duyuusal analizler

\* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: ayca.kucukcuban@aksaray.edu.tr

☎: +90 (554) 309 9237

Ayca Gülhan; Orcid ID: 0000-0002-3435-7767



## INTRODUCTION

Foods containing probiotics are among the most popular functional foods preferred by consumers due to their benefits to human health (Lillo-Perez et al., 2021). Most probiotic foods produced consist of fermented milk products such as yogurt. However, factors such as lactose intolerance increased allergies to milk proteins, high cholesterol content, and an increase in consumers adopting vegetarian or vegan diets are limiting the consumption of probiotic foods obtained from milk and its products (Rezaei and Koohsari, 2021; Chielle et al., 2022). For these reasons, the worldwide importance of non-dairy probiotic products is increasing daily (Corona et al., 2016). Fruits and vegetables are foods rich in carbohydrates, minerals, vitamins, dietary fibers, carotenoids, and phenolic compounds with antioxidant activity (Panghal et al., 2017; Silva et al., 2020). They also contain various prebiotics, such as inulin, fructooligosaccharides, or galactooligosaccharides, that support probiotic growth (Do and Fan, 2019). Because of these properties, fruits and vegetables can be used as suitable substrates for non-dairy probiotics (Rezaei and Koohsari, 2021). Mixed fruit and vegetable-based beverages, marketed as “detox”, are part of popular detoxification diets favored by consumers looking for healthy food (Fraga et al., 2020; Silva et al., 2020). Phytochemicals found in detox beverages and probiotics have protective effects on cardiovascular risk factors (Chielle et al., 2022). There are studies on adding probiotics to mixtures produced using different fruits and vegetables (Di Cagno et al., 2011; Sharma and Mishra, 2013, Simsek et al., 2014, Panghal et al., 2017, Cui et al., 2019, Yang et al., 2020). Within non-dairy fermented beverages, water kefir is a carbonated, slightly acidic beverage produced by fermenting a solution of sucrose to which fresh or dried fruit has been added with water kefir grains (Corona et al., 2016, Lynch et al., 2021). Kefir grains contain predominantly lactic acid bacteria (LAB) and yeasts in a polysaccharide matrix named kefiran. Water kefir has beneficial effects on health, such as the ability to change the gut microbiota composition and activity (Ayed et al., 2020). The starter culture consists of LAB, the genera of *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, and

*Lactococcus*, and yeasts the genera of *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces spp.*, *Dekkera*, *Candida*, *Kluyveromyces*, and *Pichia*. In addition, acetic acid bacteria were also isolated due to oxygen (Ayed et al., 2020, Lynch et al., 2021). There are studies on some fruit and vegetable juices fermented with water kefir (Corona et al., 2016, Randazzo et al., 2016, Bueno et al., 2021, Ozcelik et al., 2021). However, no study has been found in the literature on the fermentation of fruit and vegetable juice mixtures with water kefir, which can show detox properties. Consumption of fruit and vegetable-based probiotic beverages commercially produced abroad is quite common. In recent years, the production of beverages that can also show detox properties by using different fruits and vegetables has increased in our country. It is important to investigate the activities of water kefir microorganisms as a fermentation medium in fruit and vegetable juice mixtures with detox effect. This study aimed to add probiotic food properties as a result of fermentation by adding water kefir microorganisms to the prepared detox juices. In addition, physicochemical and microbiological changes in the samples were determined at the end of fermentation and during storage, and the sensory acceptability of the products was evaluated.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

The fruits and vegetables used in the preparation of green fruit and vegetable juices and sucrose were obtained from a local market in Aksaray/Turkey. The water kefir grains were obtained from Danem Dairy Products (Isparta, Turkey).

### Preparation of green detox juice

For the production of beverages, fruits and vegetables were effectively washed after being sorted. Green detox juices were obtained separately using a juicer (Vestel NS3100). The formulation of green fruit and vegetable (detox) juice was chosen as a result of the researches made by examining the components of detox juices of different brands produced in the market and considering the nutritional value in the literature. In the preparation of the detox juice, 30% mint

juice, 20% cucumber juice, 20% spinach juice, 15% lettuce juice and 15% apple juice were used. For the growth of microorganisms in water kefir grain and the formation of fermentation products, sucrose was added at a rate of 3% as a carbon source (Lynch et al., 2021). Prepared fruit and vegetable juices were pasteurized at 80 °C for 5 min (Rezaei and Koohsari, 2021) in a water bath (Thermomac WB15). Then pasteurized juices were immediately cooled to 25 °C for microbial inoculation. 3 g of water kefir grains were added to the prepared 500 mL detox juice and mixed. Then the prepared mixture was incubated at 25 °C for 48 hours under anaerobic conditions (Corona et al., 2016). Fermentation was not applied to the control (C) samples that did not contain water kefir grains. The shelf life of fruit and vegetable juice mixtures (detox juices) that do not contain any additives or preservatives sold commercially is between 3 and 5 days. For this reason, the products obtained were stored at 4 °C for 6 days. Samples were taken on at the end of the fermentation, 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> days and examined in terms of physical, chemical, microbiological and sensory properties.

#### pH analysis

The pH values of the prepared beverages were measured at 20 °C using a pH meter (Seven Easy GMBH 8603, Switzerland) (AOAC, 2007).

#### Titrateable acidity (TA) analysis

The TA of the samples was determined by the titration method followed by a pH meter. For this purpose, samples were titrated with 0.1 N NaOH up to pH 8.1. TA was calculated from the amount of spent NaOH and expressed as “g citric acid/100 mL detox juice” (AOAC, 2007).

#### Total soluble solid (°Brix) analysis

The total soluble solid (°Brix) of the samples were measured using a refractometer (Atago, PAL-3, Japan) (AOAC, 2007).

#### Color analysis

Color measurements of the samples were made with a Konica Minolta brand (CR-400, MINOLTA Co., Osaka, Japan) color measuring device. Lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ), yellowness

( $b^*$ ) and the index of total color difference ( $\Delta E$ ) were detected (Do and Fan, 2019).

#### Serum separation analysis

The colloidal stability of the samples was determined by a phase separation analysis during the storage period (0, 2, 4 and 6 days) at 4 °C. For this purpose, 50 mL detox juice samples were placed in 50 mL measuring cylinder and the volumes of the separated phases were read out (Bernat et al., 2014).

#### Determination of carbon dioxide amount

Carbon dioxide was calculated by indirect method based on weight loss before and after fermentation (Ozcelik et al., 2021).

#### DPPH radical scavenging activity

The ability of samples to scavenge free radicals was assessed using a modified version of the DPPH technique reported by Brand-Williams et al. (1995). 20  $\mu$ L of the diluted sample (0.5 mg/mL) was added to 180  $\mu$ L of a 0.2 mM methanolic DPPH solution in a 96-well microplate (Micro Well, Thermo Fisher Scientific, France), and the mixture was left to stand. Thermo Fisher Scientific's Multiskan Go, F1-01620 microplate reader was used to measure the absorbance at 517 nm, which is the wavelength where the most DPPH is absorbed. After 25 min of incubation at room temperature (15-20 °C), the A<sub>sample</sub> and A<sub>blank</sub> without extract were measured. DPPH inhibition was calculated as:  
Equation 1: % inhibition =  $100 \times (A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}$

#### CUPRAC assay

500  $\mu$ L of CuCl<sub>2</sub> solution and 500  $\mu$ L of C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> (1 M pH: 7.0) solution were placed in test tubes for this investigation. Each tube received 500  $\mu$ L of neocuproin (C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>) ( $7.5 \times 10^{-3}$  M) solution. On it was poured 100  $\mu$ L of lyophilisate solution at a concentration of 1 mg/mL and 550  $\mu$ L of distilled water was added. The extract was replaced with distilled water in the blank samples. It was incubated for 30 min at room temperature and in a 50 °C water bath. The absorbance at 450 nm was measured in comparison to a blank sample, and ascorbic acid served as a reference (Apak et al., 2006).

### Determination of total phenolic compounds

Spectrophotometric techniques were used to evaluate the samples' total phenolic compound (TPC) levels. In order to test the detox juices samples at 760 nm, distilled water (7.9 mL), Folin-Ciocalteu reagent (0.5 mL), and 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1.5 mL) were combined. The mixture was then maintained at 25 °C 2 hours. Three measurements were obtained concurrently using gallic acid as the standard and expressed as mg GAE/L (Singleton and Rossi, 1965).

### Microbiological analyses

Dilutions between 10<sup>-1</sup> and 10<sup>-7</sup> were prepared from the samples, and analyzes were carried out by sowing by pour-plate method into empty petri dishes in which 1 mL was planted. Plate count agar (PCA) was used for the aerobic mesophilic count (TMC) and incubated aerobically at 30 °C for 72 h. Total LAB analysis was performed using MRS (De Man Rogosa Sharp Agar) and M17 Agar. Incubation conditions are anaerobically at 30 °C for 48 h. To perform the yeast analysis, DRBC (Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol) agar was used and incubated aerobically at 25 °C for 48 h. Count plates were performed in duplicate. The microbial population was expressed as log CFU/mL (Randazzo et al., 2016).

### Sensory quality

Green fruit and vegetable juices fermented with water kefir microorganisms and unfermented C samples were served to the panelists for sensory evaluation. Before the sensory evaluation, the panelists were informed about fruit and vegetable-based beverages and water kefir. Sensory analysis of the samples was carried out by 8 panelists using a 9-point hedonic scale, ranging from 1 to 9 (9 = like extremely and 1 = dislike extremely). Samples were evaluated for appearance, aroma, consistency, taste, mouth feel, and overall acceptability (Panghal et al., 2017).

### Statistical Analysis

Minitab version 21.3 software was used for statistical analysis of the obtained data. All results are given as means (SEM) obtained from three independent experiments (n ≥ 3). At least three

replications were made for each sample in the study. Variability between means of results was determined by ANOVA and Tukey's multiplex analysis of variance. Significance levels were considered statistically significant for  $P \leq 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Properties of green detox juice

pH, one of the most important parameters affecting food fermentation, is directly related to the structural changes of microbiota and phytochemicals during fermentation. The stability of various phenolic components in detox juice may vary depending on pH. They are very unstable in alkaline solutions but stable in acidic solutions. Storage time and temperatures may affect the metabolic activities of some bacteria and yeast species in a water kefir medium. It may result in lowering of pH and Brix and an increase in TA (Bueno et al., 2021). The changes in pH, TA, °Brix, and color properties of the prepared green detox juice are given in Table 1. The pH value of the prepared detox juice before fermentation was 3.97, the titratable acidity value was 0.196 g citric acid/100 mL, and the brix value was 10.4%. The  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , and  $\Delta E$  values of the detox juice were  $28.58 \pm 0.02$ ,  $-4.30 \pm 0.03$ ,  $6.55 \pm 0.06$  and  $53.52 \pm 0.02$ , respectively. Fraga et al. (2020) calculated the pH value of Green (Detox) juice prepared from orange juice, cabbage, mint, ginger, and cucumber as 4.27, the total titratable acidity as 163.57 mg citric acid/100 mL, and the brix value as 4.9 g/100 g. Di Cagno et al. (2011) stated that brix value was 10.8 green smoothies prepared using kiwifruits (40%, w/w), fennels (7%, w/w), spinach (8%, w/w) and papaya (15%, w/w). The pH values of commercially available detox beverages were found to be between 3.02 and 4.63, soluble solids (brix) between 4.23 and 11.76, and acidity (%) between 0.10 and 0.53 (Silva et al., 2020). The pH value of green fruit and vegetable juices decreased to 3.41 after 48 h of fermentation with water kefir microorganisms. The pH values of the samples taken on the 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> days of storage were measured as 3.42, 3.43 and 3.45, respectively (Table 1). No significant change was observed in pH values during storage ( $P > 0.05$ ). Corona et al. (2016) stated that the pH of the water kefir-like

beverages from carrot, melon, onion, tomato, strawberry, and fennel juices ranged from 3.6 to 5.0. It was stated that the pH values of water kefir beverages produced from different fruit juices (cornelian cherry, hawthorn, roseship, pomegranate, red plum) varied between 3.11-3.65 during 28 days of storage (Ozcelik et al., 2021). TA value of green fruit and vegetable juices increased to 0.455 g citric acid/100 mL at the end of fermentation. On the second day of storage, this value increased to 0.495 g citric acid/100mL (Table 1). In the data revealed by some research results, regular increases in titratable acidity values were detected after the fermentation of fruit and vegetable juices with water kefir microorganisms and during storage (Corona et al., 2016; Randazzo et al., 2016; Ozcelik et al., 2021). It can be said that factors such as the components of the raw materials used in the production of water kefir, the microbial population in the water kefir, the storage time change the pH and titratable acidity values of the beverages. After the fermentation of water kefir, there was a decrease in the brix values. While the brix value of fresh detox juices was 10.4, this value decreased to 8.6 at the end of fermentation. Brix value showed no statistically significant ( $P>0.05$ ) change during storage (2<sup>nd</sup>-6<sup>th</sup> days). During the fermentation, fermentable sugars are converted to ethyl alcohol and CO<sub>2</sub>. Therefore, the sugar contents of beverages are decreased after fermentation. It can be said that there is a decrease in brix values due to the

decrease in sugar (Corona et al., 2016; Ozcelik et al., 2021). Randazzo et al. (2016) stated that the brix value before fermentation was 12.03% in apples, 14.93% in grapes, 11.73% in kiwi, 15.73% in pomegranate, 14.07 in prickly pear, 11.67 in quince, and after fermentation %8.70, 8.47%, 9.97%, 9.37%, 9.67% and 5.87, respectively. Ozcelik et al. (2021) determined that brix values of cornelian cherry, hawthorn, roseship, pomegranate, and red plum juices were 10.92, 10.85, 11.42, 12.80 and 9.85, respectively. At the end of 48 h of fermentation with water kefir microorganisms, these values decreased to 8.94, 9.16, 7.36, 7.34, and 7.38. Do and Fan (2019) stated that the pH value of the vegetable juice mixture (jicama, winter melon, and carrot) before fermentation with *Lactobacillus plantarum* was 5.97, the brix value was 6.4, and the titratable acidity (% lactic acid) was 0.09. After 48 h of fermentation, these values changed to 3.40, 5.0 and 0.95. In this study, it is seen that the changes in pH, titratable acidity and brix values at the end of fermentation and during storage are consistent with other research results. In the scientific researches, it is thought that differences in factors such as used fruits or vegetables, microbial load of water kefir grains, fermentation and storage conditions caused different results in each fermented product Randazzo et al., 2016; Corona et al., 2016, Ozcelik et al., 2021). Changes in color values of fermented detox juices are shown in Table 1.

Table 1. Changes in physicochemical properties of fermented detox juice during 6 days of storage

| Paramaters | Control                 | 0 <sup>th</sup>         | 2 <sup>nd</sup>         | 4 <sup>th</sup>         | 6 <sup>th</sup>         |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| pH         | 3.97±0.12 <sup>a</sup>  | 3.41±0.07 <sup>b</sup>  | 3.42±0.08 <sup>b</sup>  | 3.43±0.06 <sup>b</sup>  | 3.45±0.07 <sup>b</sup>  |
| TA         | 0.196±0.17 <sup>b</sup> | 0.455±0.31 <sup>a</sup> | 0.495±0.34 <sup>a</sup> | 0.493±0.32 <sup>a</sup> | 0.494±0.33 <sup>a</sup> |
| °Brix      | 10.4±0.27 <sup>a</sup>  | 8.6±0.14 <sup>b</sup>   | 8.0±0.19 <sup>b</sup>   | 8.1±0.17 <sup>b</sup>   | 8.0±0.13 <sup>b</sup>   |
| Colors     |                         |                         |                         |                         |                         |
| <i>L</i> * | 28.58±0.02 <sup>b</sup> | 32.57±0.01 <sup>a</sup> | 32.49±0.02 <sup>a</sup> | 32.79±0.01 <sup>a</sup> | 32.87±0.01 <sup>a</sup> |
| <i>a</i> * | -4.30±0.03 <sup>b</sup> | -4.66±0.02 <sup>a</sup> | -4.60±0.04 <sup>a</sup> | -4.75±0.01 <sup>a</sup> | -4.70±0.02 <sup>a</sup> |
| <i>b</i> * | 6.55±0.06 <sup>b</sup>  | 7.00±0.04 <sup>a</sup>  | 6.91±0.07 <sup>a</sup>  | 7.10±0.05 <sup>a</sup>  | 6.95±0.06 <sup>a</sup>  |
| ΔE         | 53.52±0.02              | 52.59±0.01              | 52.70±0.01              | 52.37±0.01              | 52.37±0.01              |

<sup>a,b</sup> Different superscripts within the same row demonstrate significant differences ( $P<0.05$ ) ( $n=3\pm SD$ ), - No significant difference ( $P>0.05$ ), TA: g citric acid/100 mL, °Brix: %

As a result of the fermentation of prepared detox juices with water kefir microorganisms, an increase in lightness ( $L^*$ ) and  $b^*$  values and a decrease in  $a^*$  and the total color differences ( $\Delta E$ ) values were determined. The increase in  $L^*$  values indicates that the samples fade in color tone. The negative measure of  $a^*$  value is compatible with the green color of the beverages. As the storage time (from 2<sup>nd</sup> to 6<sup>th</sup> day) increased, the change in  $a^*$  value was found to be statistically insignificant ( $P < 0.05$ ).  $L^*$  generally increased after fruit juices (apple, grape, kiwifruit, pomegranate, prickly pear and quince) were fermented with water kefir microorganisms (Randazzo et al., 2016). Corona et al. (2016) reported significant differences in color parameters after carrot, fennel, melon, onion, tomato and strawberry juices were fermented with water kefir microorganisms. The total color difference varies between 2.94 (carrot) and 11.55 (fennel). The change in  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values as a result of fermentation depending on the number of LAB in the prepared vegetable juice mixtures showed parallelism with the research results of Do and Fan (2019).

The carbon dioxide content of the detox juices calculated after fermentation was 3.78 g/100 mL. Ethanol and carbon dioxide, found in small amounts in water kefir beverages, are produced by the yeasts in the water kefir grains during fermentation (Lynch et al., 2021). It can be concluded that the decrease in the brix value at the end of fermentation is related to the breakdown of sugars and the formation of CO<sub>2</sub>. It was stated that the CO<sub>2</sub> contents in water kefir beverages prepared from cornelian cherry, hawthorn, red plum, roseship, and pomegranate juices ranged from 1.41 to 4.10 g/100 mL (Ozcelik et al., 2021). After fermentation by water kefir microorganisms, the CO<sub>2</sub> amounts of carrot, fennel, melon, onion, tomato, and strawberry juices were 1.51, 0.87, 3.39, 0.14, 1.29, and 1.71, respectively (Corona et al., 2016). In fruit and vegetable-based beverages, solid and liquid phases are separated during storage. This separation should be stated quantitatively. It was determined that serum separation values of green fruit and vegetable juices tended to decrease during storage. On days 0, 2, 4, and 6 of storage, 7.5%,

10%, 17.5%, and 20% serum separation were observed, respectively.

This decrease was found to be statistically significant ( $P < 0.05$ ). In a study, Baysal et al. (2013) stated that while the serum separation in carrot and pumpkin juices was 10.12% and 8.50%, depending on the increase in fermentation time, these values changed as 40, 50 and 35% in carrot and pumpkin juice powders produced by drum drying. In another study, it was reported that serum separation value in fermented hazelnut milk stored at 4 °C was 11, 28% after 1 day of storage and 25.1% at the end of storage (Bernat et al., 2014).

#### **Measurement of total phenolic content and antioxidant activities**

The dietary trends recommended for the prevention of chronic diseases that are widespread in the world are to increase the intake of fruits and vegetables. Fruits and vegetables are food groups rich in biomolecules, vitamins, minerals, polyphenols, and phytochemicals. Consumption of fruit and vegetable juices enriched or fermented with probiotic supplements has been a popular topic recently. Lactic acid bacteria (LAB) can metabolize different substrates and produce biochemical modifications in the molecules in their content. In addition, it is thought that foods' nutritional properties, taste and health-related aspects can be improved with LAB fermentation (Karovicova et al., 2011). TPC changes in the samples taken during 6 days of storage of detox juices fermented in a water kefir medium are given in Table 2. According to the results obtained, it was determined that there was a statistical decrease ( $P < 0.05$ ) in the 0<sup>th</sup> day ( $798.41 \pm 0.32$  mg GAE/L) samples compared to C ( $861.26 \pm 0.24$  mg GAE/L). In line with the results of the current study, Corona et al. (2016) determined decreases in the total phenolic component content at the start of fermentation in some vegetable juice substrates (carrot, fennel, melon, onion, tomato and strawberry) that they fermented with water kefir. They explained that the most significant decrease was in fennel (49%). This was interpreted as the cloudiness of fruit and

vegetable juices at the beginning of fermentation and the decrease in the phenolic content and antioxidant activity of detox juice, which is high in bioactive components. Sabokbar et al. (2015) showed that the TPC of different beverages increased significantly during fermentation, in contrast to our results. They said that the TPC increase during fermentation might be related to the metabolic activities of microorganisms in kefir grains, which can alter the levels of bioactive components such as different phenolic

compounds. Other researchers have reported that fermentation by lactic acid bacteria or other microorganisms can increase the level of total phenolic content (Dordevic et al., 2010; Coda et al., 2012). In addition, since the optimum pH is known to affect the release of enzymes derived from microorganisms, the difference in pH of different fermentations may be another reason for these results.

Table 2. Changes in TPC, CUPRAC, and DPPH of fermented detox juice during 6 days of storage

| Storage time (day) | Antioxidant parameters   |                        |                        |
|--------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|                    | TPC (mg GAE/L)           | CUPRAC (mmol Trolox/g) | DPPH (% inhibition)    |
| C                  | 861.26±0.24 <sup>b</sup> | 1.01±0.06 <sup>b</sup> | 65.4±0.35 <sup>c</sup> |
| 0                  | 798.41±0.32 <sup>c</sup> | 0.91±0.09 <sup>c</sup> | 53.9±0.31 <sup>d</sup> |
| 2                  | 820.39±0.27 <sup>b</sup> | 1.04±0.07 <sup>b</sup> | 68.5±0.29 <sup>c</sup> |
| 4                  | 823.57±0.21 <sup>b</sup> | 1.04±0.07 <sup>b</sup> | 74.3±0.37 <sup>b</sup> |
| 6                  | 927.62±0.13 <sup>a</sup> | 1.18±0.05 <sup>a</sup> | 82.2±0.19 <sup>a</sup> |

<sup>a,b,c,d</sup> Different superscripts within the same row demonstrate significant differences ( $P<0.05$ ) ( $n=3\pm SD$ ). · No significant difference ( $P>0.05$ ).

Hashemi et al. (2017) fermented it with *Lactobacillus plantarum* LS5 to produce a probiotic juice to preparesweet lemon juice. They stated that the samples showed decreases in their phenolic component capacity immediately after fermentation. They also found that phenolics and antioxidants decreased in fermented samples during storage. They attributed this to the fact that the bioactive substances in fruit juices contain highly unstable compounds at the beginning of fermentation and can degrade rapidly under storage conditions. Similarly, Othman et al. (2009) reported that the fermentation process caused a significant reduction (32-58%) in the total phenolics of olives. Parallel to these results, Mousavi et al. (2013) found that the concentration of phenolic compounds decreased during the fermentation of pomegranate juice while the antioxidant activity of fermented pomegranate juice increased. In the current study, it was determined that there was an increase in TPC values after day 0<sup>th</sup> and the highest TPC (927.62±0.13 mg GAE/L) was on day 6<sup>th</sup> ( $P<0.05$ ). Fraga et al. (2020) determined the total phenolic content of the detox mixture

they prepared with green juices and vegetables as 2833.60 mg GAE/g. Compared to the current study, the high phenolic content may be because it is not a fermented product or the difference in the products that make up the prepared green detox juice. In another study, Dani et al. (2007) reported a positive correlation between total phenol content and antioxidant activity for all samples before and after fermentation in their vegetables and juices. High antioxidant activity was noted, especially for the fermented beverage prepared from strawberries. One of the most essential mechanisms of antioxidant capacity tests is proton-radical capture. The results of DPPH and CUPRAC methods and antioxidant capacity tests in detox juice fermented with water kefir are given in Table 2. Zero-day results of the DPPH and CUPRAC tests were statistically decreased compared to C. These values were determined as 53.9±0.31% for DPPH and 0.91±0.09 mmol Trolox/g for CUPRAC at zero-day. The results showed statistical reductions at zero-day for DPPH (65.4±0.35%) and (53.9±0.31%), CUPRAC (1.01±0.06 mmol Trolox/g) and (0.91±0.09 mmol Trolox/g), compared with C

( $P < 0.05$ ). It was observed that the antioxidant capacity results determined by both methods (DPPH:  $82.2\% \pm 0.19$  and CUPRAC:  $1.18 \pm 0.05$  mmol Trolox/g) reached the highest levels on the 6<sup>th</sup> day of storage. These results showed that the total content of polyphenols was positively associated with antioxidant activity before and after fermentation. Many studies have reported that water kefir has high antioxidant activity (Alsayadi et al., 2013). One of the most critical factors of water kefir's strong antioxidant capacity is its rich microbiota. There are numerous studies on the potent antioxidant potential of LAB (Amaretti et al., 2013; Alsayadi et al., 2013; Aligita et al., 2020). In addition, it has been stated that the antioxidant activity of water kefir is due to the bioactive components in the exopolysaccharide structure produced, especially during fermentation. It strengthens the immune system and prevents oxidative stress, reduces oxidative damage and reduces the production of active oxygen components (Barboza et al., 2018). On the other hand, antioxidant activity varies according to the type of lactic acid bacteria, the radical scavenging capacity of cellular or intracellular extracts, and the type of fermentable sugar in the medium (Wu et al., 2010). Alsayadi et al. (2013) found that DPPH radical scavenging activity was over 70% in water kefir samples. This shows that

the antioxidant activity of water kefir is higher than soy-whey kefir, cow and goat milk kefir, rice milk kefir, and whey kefir. These results revealed that water kefir has much higher antioxidant capacity than other milk-based kefir products (Monajjeni et al., 2012). Similarly, Luang-In et al. (2018) showed high DPPH scavenging culture activity from water kefir, especially from *Acetobacter pasteurianus*. Mechmeche et al. (2019) detected high radical scavenging activity of bioactive peptides obtained from tomato seed substrate fermented in a water kefir medium. Another reason for the increase in TPC and antioxidant capacity during fermentation may be that the metabolic activities of microorganisms in kefir grains increase their levels by contributing to the modification of bioactive components.

#### Microbiological assessments

Water kefir grains contain LAB and yeasts. LAB convert carbohydrates to lactic acid by homofermentative pathway. It converts lactic acid, acetic acid, ethyl alcohol, and carbon dioxide in a heterofermentative way. Yeast converts these organic substances formed by heterofermentative LAB into alcohol (Koh et al., 2019). Microbiological analysis results of fermented detox juices are given in Figure 1.

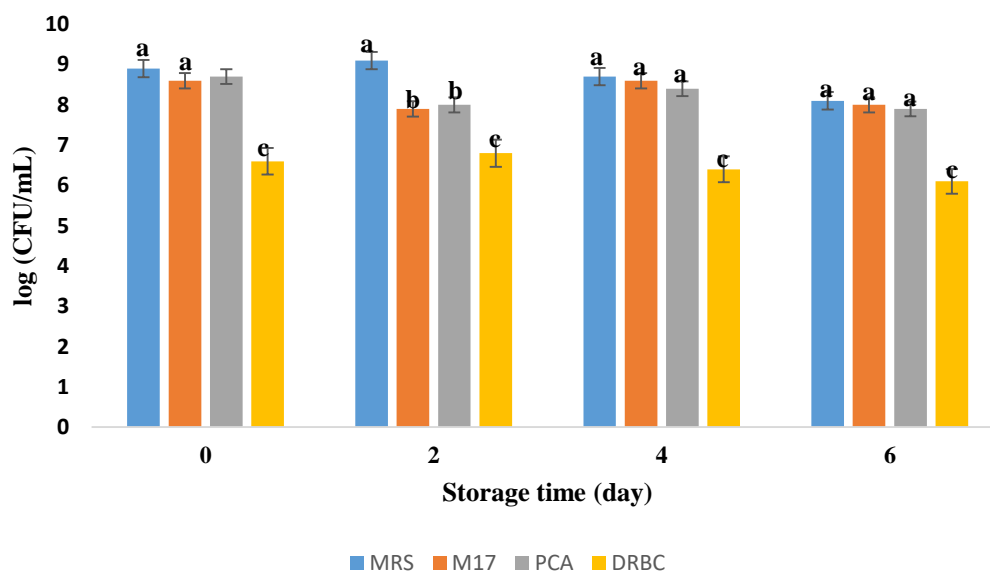


Figure 1. Changes in microbiological of fermented detox juice during 6 days of storage

During the storage of fermented detox juices, *Lactobacillus* spp. number was higher than *Lactococcus* spp. During the 6-day storage period, the number of *Lactobacillus* spp. varied between 8.1 and 9.1 log CFU/mL. The highest number of *Lactobacillus* spp. was determined on the 2<sup>nd</sup> day of storage. *Lactococcus* spp. count of the samples varied between 7.9 and 8.6 log CFU/mL during the storage period. The aerobic mesophilic bacteria counts of the fermented detox juices varied between 7.9 and 8.7 log CFU /mL during storage. *Lactococcus* spp. and aerobic mesophilic bacteria counts were highest after 48 h of fermentation. During storage, the yeast counts of fermented beverages varied between 6.1 and 6.8 log CFU/mL. On the 2<sup>nd</sup> day of storage, an increase in the yeast counts of the samples was detected. However, as the storage time increased, the yeast counts of the samples decreased. When all the microbiological analysis results were examined, it was determined that the microbial load tended to decrease with the increase in storage time, but the high cell count was preserved. During the storage, no statistically significant ( $P>0.05$ ) change in cultivations for different microbiological media existed. Fruit and vegetable juices are suitable substrates for lactic acid fermentation (Garcia et al., 2020). Studies have shown that different strains of probiotics

can grow and survive at constant levels during storage in fruit and vegetable juices (Di Cagno et al., 2011; Cui et al., 2019; Do ve Fan, 2019, Güney and Güngörmüşler, 2020). Corona et al. 2016 subjected some fruit and vegetable juices to fermentation with water kefir microorganisms at 25 °C for 48 h. Microbial loads (log CFU/mL) were found to be 8.5, 8.5, 8.4 and 6.7, respectively, after microbiological cultivation on MRS, M17, PCA, and DRBC agars in carrot juice. In tomato juice, these values are indicated as 8.9, 8.9, 9.0 and 7.1, respectively. In another study, total mesophilic counts ranged from 7.4 to 8.4 log CFU/mL, rod LAB 7.6 to 8.0 log CFU/mL, mesophilic coccus LAB 6.6 to 8.3 log CFU/mL, and yeasts 7.4 to 8.0 log CFU/mL in juices fermented with water kefir microorganisms (apple, grape, kiwifruit, pomegranate, prickly pear, and quince) (Randazzo et al., 2016). It has been stated that the numbers of LAB and yeast in water kefir vary depending on the fermentation time and temperature, sugar type, sugar concentration, and storage time (Ozcelik et al., 2021).

**Sensory analyses**

The sensory properties of the beverages were evaluated in terms of appearance, aroma, consistency, taste, mouth feel, and overall acceptability. The results are shown in Figure 2.

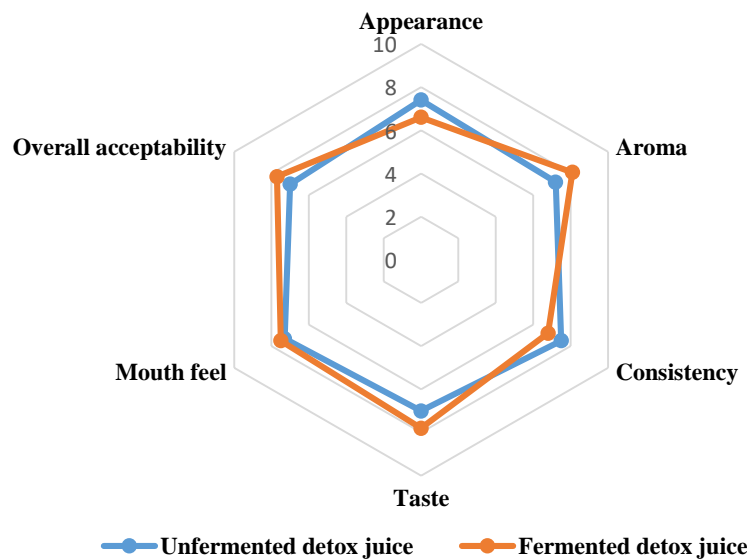


Figure 2. Changes in sensory analyses of fermented detox juice during 6 days of storage



Detox juice fermented with water kefir microorganisms was more accepted ( $7.7\pm 0.05$ ) than fresh juice ( $7.0\pm 0.09$ ). Fermented detox juices were preferred regarding aroma, taste, mouth feel, and overall acceptability. In studies where the sensory properties of beverages produced by water kefir fermentation are determined, the microorganism content of water kefir grains, fermentation conditions, storage temperature and time, fruits or vegetables used in production are the factors affecting the results (Randazzo et al., 2016, Corona et al., 2016, Ozcelik et al., 2021). The desirable flavor of many fruit and vegetable juices fermented with water kefir grains is due to volatile esters from the reaction of acids with alcohol (Ayed et al., 2020).

### CONCLUSIONS

In recent years, consuming different fruit/vegetable juice mixtures with a detox effect has become widespread. Adding probiotics to fruits and vegetables rich in vitamins, minerals, antioxidants, and dietary fibers will improve the quality of these foodstuffs. In this study, the use of detox juices in the production of water kefir was investigated. It was determined that fermented detox juices' physicochemical characteristics, microbial composition, and sensory profiles were acceptable during storage. It has been determined that detox juice-based water kefir beverages have very high antioxidant activity. Prepared detox juice was a suitable substrate for water kefir microorganisms during 6 days of storage at 4 °C. In addition to the benefits of detox juices for human health, a new and different flavor beverage was produced as a result of fermentation with water kefir grains, which may attract consumers' attention. It will also be an important alternative for people who are lactose intolerant and who cannot consume probiotic dairy products due to health problems such as milk protein allergy, as well as consumers who adopt a vegetarian/vegan diet. By preparing fruit or vegetable juices in different formulations, it should be studied which formulations will create suitable substrates for microorganisms in water kefir grains. More studies are needed to determine the positive effects of fruit/vegetable juices on

the human body, which can display detox properties.

### CONFLICT OF INTEREST

The author has declared no conflict of interest.

### REFERENCES

- Aligita, A. W., Tarigan, P. N., Susilawati, E. (2020). Antiinflammatory and antioxidant activity of kefir water. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 9(1), 2454-2464. <https://doi.org/10.31032/ijbpas/2020/9.1.4904>.
- Alsayadi, M., Al Jawfi, Y., Belarbi, M., Sabri, F.Z. (2013). Antioxidant potency of water kefir. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2(6), 2444.
- Amaretti, A., di Nunzio, M., Pompei, A., Raimondi, S., Rossi, M., Bordoni, A. (2013). Antioxidant properties of potentially probiotic bacteria: In vitro and in vivo activities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(2), 809-817. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4241-7>.
- AOAC, 2007, Official Methods of Analysis of the association of official analytical chemists, 18th edition, AOAC International, USA, 326 p.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E., Erça, E. (2006). The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57, 292-304. <https://doi.org/10.1080/09637480600798132>.
- Ayed, L., M'hir, S., Hamdi, M. (2020). Microbiological, biochemical, and functional aspects of fermented vegetable and fruit beverages. *Journal of Chemistry*, 12, 5790432. <https://doi.org/10.1155/2020/5790432>.
- Barboza, K. R. M., Coco, L. Z., Alves, G. M., Peters, B., Vasquez, E. C., Pereira, T. M. C., Campagnaro, B. P. (2018). Gastroprotective effect of oral kefir on indomethacin-induced acute gastric lesions in mice: Impact on oxidative stress. *Life Sciences*, 209, 370-376. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.08.035>.
- Baysal, T., Ergün, A. R., Bozkır, H., Gedik, S. K., Özer, M. B., Demir, E. (2013). Quality characteristics of carrot and pumpkin juice

- powders produced by drum drying. *Academic Food Journal*, 11(3-4), 27-32.
- Bernat, N., Chafer, M., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C. (2014). Hazelnut milk fermentation using probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG and inulin. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 2553–2562. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12585>.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Bueno, R. S., Ressutte, J. B., Hata, N. N. Y., Henrique-Bana, F. C., Guergoletto, K. B., de Oliveira, A. G., Spinosa, W. A. (2021). Quality and shelf life assessment of a new beverage produced from water kefir grains and red pitaya. *LWT-Food Science and Technology*, 140, 110770.
- Chielle, E. O., Vecchia, D. D., Rossi, E. M., Chielle, A. P. O., Bonadiman, B. S. R., Marafon, F., Bagatini, M. D. (2022). Supplementation with detox juice added with probiotic improves atherogenic parameters in healthy individuals. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58, e20581. <http://dx.doi.org/10.1590/s2175-97902022e20581>.
- Coda, R., Lanera, A., Trani, A., Gobetti, M., Di Cagno, R. (2012). Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. *International Journal of Food Microbiology*, 155, 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.016>.
- Corona, O., Randazzo, W., Miceli, A., Guarcello, R., Francesca, N., Erten, H., Moschetti, G., Settanni, Luca. (2016). Characterization of kefir-like beverages produced from vegetable Juices. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 572-581. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.014>.
- Cui, S., Zhao, N., Lu, W., Zhao, F., Zheng, S., Wang, W., Chen, W. (2019). Effect of different *Lactobacillus* species on volatile and nonvolatile flavor compounds in juices fermentation. *Food Science and Nutrition*, 7, 2214-2223. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1010>.
- Dani, C., Oliboni, L. S., Vanderlinde, R., Bonatto, D., Salvador, M., Henriques, J. A. P. (2007). Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically-or conventionally-produced grapes. *Food and Chemical Toxicology*, 45(12), 2574-2580. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.022>.
- Di Cagno, R., Minervini, G., Rizzello, C. G., Angelis, M., Gobetti, M. (2011). Effect of lactic acid fermentation on antioxidant, texture, color and sensory properties of red and green smoothies. *Food Microbiology*, 28, 1062-1071. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.02.011>.
- Do, T. V. T., Fan, L. (2019). Probiotic viability, qualitative characteristics, and sensory acceptability of vegetable juice mixture fermented with lactobacillus strains. *Food and Nutrition Sciences*, 10, 412-427. <https://doi.org/10.4236/fns.2019.104031>.
- Dordevic, T.M., Siler-Marinkovic, S.S., Dimitrijevic-Brankovic, S.I. (2010). Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food Chemistry*, 119, 957-963. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.049>.
- Fraga, J. L., Sant'Ana, G. C. F., Silva, K. A., Amaral P. F. F. (2020). Green (Detox) juice physicochemical properties and stabilization effect of natural emulsifiers. *Ciência Rural, Santa Maria*, 50 (3), e20190739. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190739>.
- Garcia, C., Guerin, M., Souidi, K., Remize, F. (2020). Lactic fermented fruit or vegetable juices: past, present and future. *Beverages*, 6 (8), 1-31. <https://doi.org/10.3390/beverages6010008>.
- Güney, D., Güngörmüşler, M. (2021). Development and comparative evaluation of a novel fermented juice mixture with probiotic strains of lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13, 495–505. <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09710-2>.
- Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Barba, F. J., Nemati, Z., Shokofte, S. S., Alizadeh, F. (2017). Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of*

- Functional Foods*, 38, 409-414. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.040>.
- Karovicova, J., Kohajdova, Z. (2011). Lactic acid fermented vegetable juices. *Horticultural Sciences*, 30, 152-158. <https://doi.org/10.17221/3878-hortsci>.
- Koh, W. Y., Uthumporn, U., Rosma, A., Effarizah, M. E., Wan Rosli, W. I. (2019). Assessment of yeast, acetic and lactic acid bacteria isolated from water kefir grains and their application as starter culture in the production of fermented pumpkin-based water kefir beverages in improving gastrointestinal tract digestive tolerance and inhibition against  $\alpha$ -glucosidase. *International Food Research Journal*, 26(2), 429-439.
- Lillo-Perez, S., Guerra-Valle, M., Orellana-Palma, P., Petzold, G. (2021). Probiotics in fruit and vegetable matrices: Opportunities for nondairy consumers. *LWT-Food Science and Technology*, 151, 112106. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112106>.
- Lynch, K. M., Wilkinson, S., Daenen, L., Arendt, E. K. (2021). An update on water kefir: microbiology, composition and production. *International Journal of Food Microbiology*, 345, 109128. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109128>.
- Mechmeche, M., Ksontini, H., Hamdi, M., Kachouri, F. (2019). Production of bioactive peptides in tomato seed protein isolate fermented by water kefir culture: optimization of the fermentation conditions. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25 (1) 137-150. <https://doi.org/10.1007/s10989-017-9655-8>.
- Monajjemi, M., Nurul, Aminin, L. A., Ilkhani, A., Mollaamin, F. (2012). Nano study of antioxidant activities of fermented soy whey prepared with lactic acid bacteria and kefir. *African Journal of Microbiology Research*, 6(2), 426-430. <https://doi.org/10.5897/ajmr11.1249>.
- Mousavi, Z. E., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Hadinejad, M., Emam-Djomeh, Z., Mirzapour, M. (2013). Effect of fermentation of pomegranate juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the antioxidant activity and metabolism of sugars, organic acids and phenolic compounds. *Food Biotechnology*, 27(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/08905436.2012.724037>.
- Othman, N. B., Roblain, D., Chammen, N., Thonart, P., Hamdi, M. (2009). Antioxidant phenolic compounds loss during the fermentation of Chétoui olives. *Food Chemistry*, 116(3), 662-669.
- Ozcelik, F., Akan, E., Kinik, O. (2001). Use of Cornelian cherry, hawthorn, red plum, roseship and pomegranate juices in the production of water kefir beverages. *Food Bioscience*, 42, 101219. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101219>.
- Panghal, A., Virkar, K., Kumar, V., Dhull, S. B., Gat, Y., Chhikara, N. (2017). Development of probiotic beetroot drink. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 5(3), 257-262. <https://doi.org/10.12944/crnfsj.5.3.10>.
- Randazzo, W., Corona, O., Guarcello, R., Francesca, N., German, M. A., Erten, H., Moschetti, G., Settanni, L. (2016). Development of new non-dairy beverages from Mediterranean fruit juices fermented with water kefir microorganisms. *Food Microbiology*, 54, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.10.018>.
- Rezaei, R., Koohsari, H. (2021). Using several fruit and vegetable juices as substrates for producing non-dairy probiotic beverages. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(6), 111-121. <https://doi.org/10.22067/infstrj.v16i6.84472>.
- Sabokbar, N., Khodaiyan, F., Moosavi-Nasab, M. (2015). Optimization of processing conditions to improve antioxidant activities of apple juice and whey based novel beverage fermented by kefir grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3422-32. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1397-4>.
- Sharma, V., Mishra, H.N. (2013). Fermentation of vegetable juice mixture by probiotic lactic acid bacteria. *Nutrafoods*, 12, 17-22. <https://doi.org/10.1007/s13749-012-0050-y>.
- Silva E. B. M., Augusti, R., Melo, J. O. F., Takahashi, J. A., Araújo, R. L. B. (2020). Physicochemical characterization, antioxidant activity and fingerprints of industrialized “detox”

mixed beverages by paper spray mass spectrometry. *Química Nova*, 43(3), 319-324. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170490>.

Simsek, S., Nehir El, S., Kilinc, A. K., Karakaya, S. (2014). Vegetable and fermented vegetable juices containing germinated seeds and sprouts of lentil and cowpea. *Food Chemistry*, 156, 289-295. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.095>.

Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

Wu, S., Wang, F., Pan, C. (2010). The comparison of antioxidative properties of seaweed oligosaccharides fermented by two lactic acid bacteria. *Journal of Marine Science and Technology*, 18(4), 537-545. <https://doi.org/10.51400/2709-6998.1908>

Yang, F., Wang, Y. P., Zhao, H. (2020). Quality enhancement of fermented vegetable juice by probiotic through fermented yam juice using *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Science and Technology*, 40(1), 26-35. <https://doi.org/10.1590/fst.29918>.

**THE EFFECT OF DIFFERENT SOLVENTS ON CHEMICAL COMPOSITION,  
ANTIOXIDANT ACTIVITY, AND ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF  
TURKISH *CISTUS CRETICUS* EXTRACTS**

**Ayça Gedikoğlu<sup>1\*</sup>, Hale İnci Öztürk<sup>1</sup>, Ezgi Aytaç<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Konya Food and Agriculture University, Department of Food Engineering, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Konya Food and Agriculture University, Department of Plant Production and Technologies, Konya, Türkiye

Received /Geliş: 05.04.2023; Accepted / Kabul: 11.06.2023; Published online / Online baskı: 20.07.2023

Gedikoğlu, A., Öztürk, H. İ., Aytaç, E. (2023). The effect of different solvents on chemical composition, antioxidant activity, and antimicrobial potential of Turkish *Cistus creticus* extracts. GIDA (2023) 48 (4) 728-740 doi: 10.15237/gida.GD23047

Gedikoğlu, A., Öztürk, H. İ., Aytaç, E. (2023). Farklı çözücülerin Türkiye`de yetişen *Cistus creticus* ekstraktlarının kimyasal kompozisyon, antioksidan aktivite ve antimikrobiyal potansiyeline etkisi. GIDA (2023) 48 (4) 728-740 doi: 10.15237/gida.GD23047

**ABSTRACT**

The aims of this study were (1) to assess the extract yield, antioxidant activity, and antimicrobial activity of *Cistus creticus* extracts obtained from different locations in Türkiye (2) to evaluate the effect of water and methanol solvents on chemical composition, total polyphenol and flavonoid content, IC<sub>50</sub>, and FRAP values of *C. creticus*. The extracts had a weak inhibitory effect against tested microorganisms. However, the results of antioxidant assays were very promising. The IC<sub>50</sub> values of methanol and water extracts were 13.94 µg/mL and 34.41 µg/mL, respectively. Similarly, the FRAP value of methanolic extract (1.27 M/g) was higher than the water extract (0.72 M/g). The results of HPLC analysis demonstrated that rutin was found only in the methanol extract (13.252%). In addition, the methanol extract had a higher content of quercetin (7.909%), benzoic acid (4.226%), and chlorogenic acid (2.168%), whereas the water extract possessed a higher amount of gallic acid (13.705%).

**Keywords:** Plant extract, antioxidant activity, bioactive substances, flavonoids, phenolics

**FARKLI ÇÖZÜCÜLERİN TÜRKİYE`DE YETİŞEN *CISTUS CRETICUS*  
EKSTRAKLARININ KİMYASAL KOMPOZİSYON, ANTIOKSİDAN AKTİVİTE  
VE ANTİMİKROBİYAL POTANSİYELİNE ETKİSİ**

**ÖZ**

Bu çalışmanın amaçları (1) Türkiye`nin farklı bölgelerinden toplanan *Cistus creticus* L. ekstrelerinin verim (%), antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini değerlendirmek, (2) metanol ve su çözücülerinin *Cistus creticus* L ekstrelerinin kimyasal kompozisyon, toplam fenolik ve flavanoid miktarlarına, IC<sub>50</sub> ve FRAP değerlerine etkisini araştırmaktır. Ekstreler zayıf bir antimikrobiyal etki gösterirken, antioksidan deneylerinin sonuçları çok umut vericidir. IC<sub>50</sub> değerleri metanol ve su ekstreleri için sırasıyla 13.94 µg/mL ve 34.41 µg/mL'dir. Benzer olarak, metanol ekstresinin FRAP değeri (1.27 M/g) su ekstresininkinden (0.72 M/g) daha yüksek çıkmıştır. HPLC analizinin sonuçları

\* Corresponding author/ Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: ayca.gedikoglu@gidatarim.edu.tr

☎ : (+90) 534 392 2529

Ayça Gedikoğlu; ORCID ID: 0000-0002-5105-141X

Hale İnci Öztürk; ORCID ID: 0000-0001-8334-0403

Ezgi Aytaç; ORCID ID: 0000-0001-6447-5273

rutinin sadece (%13.252) metanol ekstresinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, metanol ekstresi daha yüksek miktarda kuersetin (%7.909), benzoik asit (%4.226) ve klorojenik asit (%2.168) içerirken, buna karşın su ekstresi daha yüksek miktarda gallik asit değerine (%13.705) sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Bitki ekstresi, antioksidan aktivite, biyoaktif maddeler, flavanoidler, fenolikler

## INTRODUCTION

*Cistus* species are evergreen shrubs with white, pink, or purple flowers. They are mostly found in the Mediterranean region. While there are 52 species of *Cistus* found in the world, 5 species are naturally present in Türkiye. These are *C. creticus* L., *C. laurifolius* L., *C. monspeliensis* L., *C. parviflorus* Lam., and *C. salviifolius* L. (Yeşilyurt, 2012). According to Şekeroğlu and Gezici (2021), *Cistus* species spread from the Mediterranean region to central Anatolia, Marmara, and the black sea region in Türkiye. Due to their aromatic and pharmacological properties, herbal brews, distillates, and resins of *Cistus* spp. have been used in folk medicine for ages to treat many ailments, such as diarrhea, peptic ulcers, skin rashes, urinary tract infections, and inflammation (Küpeli and Yesilada, 2007).

In recent years, scientific researches have been focused on the isolation and determination of chemical components in several *Cistus* species. According to the study by Papaefthimiou et al. (2014), 397 terpenes, 162 phenylpropanoids, 24 hydrocarbons, 35 fatty acids, 18 phytohormones, and vitamins were isolated from *Cistus* spp. In addition, 92 terpenes and 12 phenylpropanoids were reported in *C. creticus*. Terpenes are one of the principal constituents of the plant essential oils providing smell and aroma specific to the plants. Terpenes can be found in the plant tissues generally as free, or bound to organic acid esters, glycosides, or proteins (Cox-Georgian et al., 2019). They demonstrate antimicrobial activity against bacteria, fungi and viruses (Paduch et al., 2007).

In addition, *Cistus* spp. is also known to have a variety of polyphenols and flavonoids. Plants synthesize these secondary metabolites via phenylpropanoid pathways. These compounds are produced by plants to adapt to stress conditions (Skorić et al., 2022). Various phenylpropanoids have been identified in different *Cistus* spp. For instance, Gürbüz et al.

(2018) reported the presence of trans-tiliroside, a mono-coumaroyl kaempferol glucoside, hyperin, and myricetin 3-O-ss-galactopyranoside in *C. salviifolius*, *C. creticus*, and *C. laurifolius* methanolic extracts from Turkey. In another study, quercetin and myricetin derivatives were found in abundance in the aqueous extracts of *C. albilus*, *C. clusii*, and *C. salviifolius*, which were collected from dry and arid areas in Spain (Tomás-Menor et al., 2013). Moreover, Akkol et al. (2012) found quercetin and kaempferol derivatives in the ethanol extract of *C. laurifolius* leaves from Bolu, Turkey. Many factors, such as species, location, and climatic conditions, can affect the chemical constituents of the plant. Regarding this, Barrajon-Catalán et al. (2011) evaluated the influence of subgenus, soil, and climate on the chemical composition of *Cistus*. They found that higher amounts of flavonoids and very little or no ellagitannins were present in the *Cistus* subgenus (*C. clusii*, *C. laurifolius*, and *C. monspeliensis*), while the opposite was observed for the *Leucocistus* and *Halimoides* subgenus (*C. ladanifer*, *C. salviifolius*, *C. populifolius*, and *C. libanotis*). They also discovered that the presence of phenolic compounds was significantly influenced by the *Cistus* subgenus more than the soil and the climate. Besides, it has been found that many of these polyphenolic compounds carry a high level of bioactivity. Güvenç et al. (2005) reported that a butanol extract of *C. creticus* leaves demonstrated antimicrobial activity against gram-positive *Staphylococcus aureus*. In a recent study, Carev et al. (2020) found that *C. creticus* and *C. salviifolius* had high antioxidant activity with 43 different phytochemicals.

Despite the growing interest in determining the chemical composition and bioactivity of different plant materials, the *C. creticus* plant has not been fully studied yet for its biological activity. Therefore, the objectives of this study were first to scan different places in Türkiye for *C. creticus* extract yield, total phenolic and flavonoid content, DPPH free radical scavenging activity,

and antimicrobial activity; second, to determine the effect of methanol and water extraction techniques on *C. creticus* extracts' chemical composition, total phenolic and flavonoid content, and antioxidant properties.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

*C. creticus* L. plant materials were gathered from nature reserves and parks in different regions of Türkiye and they were identified by Prof. Dr. Menşüre Özgüven. Then, they were kept at room temperature separately based on their location until reached to constant weight. All parts of the plant material, including wood or stalks, bark, and leaves, were powdered to a particle size smaller than 5 mm using a mechanical mill. After that, the ground *C. creticus* powders were kept in containers, labeled, and stored until further analysis.

### Methanol extraction procedure

The ground *C. creticus* (100 g) was placed in a bottle with 1 L methanol and shaken for 24 h (Toros, Turkey; 400 rpm). Later, the mixture was strained using a vacuum pump and Whatman No.1 filter paper. Then, the supernatant was concentrated using a rotary evaporator (Rotavapor® R-300, Buchi, Italy) at 50 °C and the obtained samples were freeze-dried using a lyophilizer (Christ Alpha 1-4 LD Plus, Germany).

### Conventional water extraction procedures

The sample-to-solvent ratio was also kept at 1/10 (w/v) in this procedure. The mixture of ground plant material and water was boiled at 100 °C for 5 hours with a continuous stirrer (Wisd MSH-20A, South Korea). Then the mixture was filtered with Whatman No.1 filter paper. The supernatant was taken to a new beaker and evaporated to dryness without boiling at 65-75 °C. Afterwards, the dried extracts were freeze-dried.

### Extraction yield

The crude extract yield (%) was determined for *C. creticus* samples collected from different locations according to the methanol extraction procedure. The following formula was used to calculate the extract yield (%).

$$\text{Extract yield (\%)} = \left( \frac{\text{Extract mass}}{\text{Sample mass}} \right) \times 100 \quad (1)$$

### Antimicrobial susceptibility testing

The inhibitory effect of methanolic extracts against some foodborne pathogenic bacteria, yeast, and mold was determined based on a disc diffusion method (Hudzicki, 2009). Mueller Hinton agar (MHA, Merck) was used to test bacteria and mold without supplementation, while 2% glucose and 0.5 mg/mL methylene blue were used to supplement MHA agar for yeast testing. Overnight cell cultures were prepared using a tryptic soy broth (Merck). After centrifugation, the cell pellets were washed twice and suspended in a 0.85% NaCl solution. Inoculation sizes were adjusted to 10<sup>8</sup> CFU/mL for bacterial cell cultures and 10<sup>6</sup> CFU/mL for yeast and mold cells. Then the agar surface was inoculated with 100 µL of cell cultures. Following this, a sterile 6 mm empty disc impregnated with a 20 µL of *Cistus* extract was placed onto the inoculated agar surface and incubated at 35 ± 2 °C for up to 24 hours. After the incubation, the diameter of the inhibition zones was measured, and the results were provided in mm.

### HPLC analysis

Details of the standard preparation, HPLC condition, and apparatus used for this study are provided in Table 1. An external standard curve of the phenolic standards was used to calculate the percentage of phenolic compounds present in the *Cistus* extracts.

### Total phenolic content

Total phenolic content was determined according to Singleton and Rossi (1965). Simply, the sample extract and Folin-Ciocalteu's reagent were mixed at a 1:4 (v/v) ratio. After 5 min of incubation, 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution was added to the mixture at a 1:1 (v/v) ratio. The incubation was continued for 90 min in the dark, and the absorbance of mixtures was measured at 760 nm. A six-point gallic acid standard curve was prepared to calculate the TPC of *Cistus* extracts. The TPC was expressed as gallic acid equivalents (mg GA/g) for dry extract.

Table 1. HPLC conditions used for the determination of chemical composition of *Cistus creticus*

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Instrument         | Waters model W2690/5 autosampler equipped with Waters 2695 pumps                                                                                                                                                                                                    |
| Detector           | Waters 2489 UV detector                                                                                                                                                                                                                                             |
| Type of column     | ACE C <sub>18</sub> (5 µm – 4.6 × 250 mm) column (Advanced Chromatography Technologies Ltd., Aberdeen, Scotland)                                                                                                                                                    |
| Column temperature | 25 °C,                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Injection volume   | 20 µL                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Flow rate          | 1.2 mL/min                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Mobile phases      | A: 2% acetic acid<br>B: equal volumes of acetonitrile and 0.5% acetic acid solution<br>C: acetonitrile                                                                                                                                                              |
| Gradient program   | A: 95%, B: 5% 5 min<br>A: 80%, B: 20% 8 min<br>A: 78%, B: 22% 10 min<br>A: 75%, B: 25% 17 min<br>A: 73%, B: 27% 19 min<br>A: 60%, B: 40% 30 min<br>A: 55%, B: 45% 35 min<br>A: 35%, B: 65% 40 min<br>B: 10%, C: 90% 45 min<br>C:100% 50 min<br>A: 95%, B: 5% 55 min |

### Total flavonoid content

The plant extract and 2% AlCl<sub>3</sub> methanolic solution were mixed at a 1:1 (v/v) ratio. The mixture was kept at room temperature for 15 min and the absorbance values were determined at 430 nm. The quercetin standard curve was used to evaluate the TFC of *Cistus* extracts. The TFC was stated as quercetin equivalents (mg QUE/g) for dry extract (Djeridane et al., 2006).

### 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity

The modified method of Cuendet et al. (2001) was used to assess the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging capacity of the *Cistus* extracts. First, dried samples were dissolved in methanol at different concentrations. Next, the resulting samples and a 0.004% (w/v) DPPH methanolic solution were mixed (1/100, v:v). The mixture was kept at dark for 30 min, then absorbance was read at 517 nm against a blank. The inhibitions of the DPPH radical (%) were calculated according to the following formula, where A<sub>blank</sub> denotes the absorbance of the control (DPPH radical) and

A<sub>sample</sub> implies the absorbance value of the extract (sample and DPPH radical).

$$I (\%) = (A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{blank}}) \times 100 \quad (2)$$

After obtaining I (%) values of the *Cistus* extracts at different concentrations, the extract concentrations were plotted against the inhibition values (%). Finally, the sample concentration corresponding to 50% inhibition (IC<sub>50</sub>) of the DPPH radical was determined from the plot.

### The ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay

Required acetate buffer (300 mM, pH 3.6), 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine solution (10 mM TPTZ in 40 mM HCl), and FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (20 mM). These were mixed (10:1:1, v:v:v) to prepare the FRAP reagent. Then the assay was carried out by mixing the FRAP reagent with distilled water and plant extract (30:10:1, v:v:v) and incubating the mixture at 37 °C for 15 min. After that, the absorbance of the *Cistus* extracts and the blank (FRAP reagent) was measured at 595 nm. The FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O standard curve was prepared at different concentrations (0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1 mM)



to calculate the FRAP values of the *Cistus* extracts, and the results were expressed as M of Fe<sup>+2</sup>/g of dry extract (Riahi et al., 2013).

### Statistical analysis

All analyses were conducted in three replications, and the data was stated as the mean ± standard deviation. The results of HPLC analysis, the TPC and TFC assays, the DPPH radical scavenging activity, and the FRAP assay of methanol and water extracts of *C. creticus* were evaluated by a two-sample t-test. The significance between the treatments was determined at  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Pre-assessment screening of *Cistus* extracts from different locations

The extract yield of *Cistus* samples taken from four regions (the Mediterranean, Aegean, Marmara, and Middle Black Sea regions) is displayed in Table 2. Almost all the samples were *C. creticus*, except C24 from Karşıyaka, İzmir, which was *Cistus parvislorus*. The highest extract yield was obtained from C27 (Amasya) with 16.8%, followed by C1 (Gülner, Mersin) with 16%, C30 (Muğla) with 15.3%, and C31 (Amasya) with 15.2%. In addition, when the extracts were compared according to their antioxidant activity, the IC<sub>50</sub> value of *Cistus* extract was lowest for sample C29 (16.77 µg/mL) from Dim, Alanya, and followed by C21 (16.89 µg/mL) from Hisarönü, Muğla, C4 (17.13 µg/mL) from Gülner, Mersin, and C31 (17.65 µg/mL) from Amasya (Table 2). The lower IC<sub>50</sub> indicates a higher antioxidant activity. Moreover, the results of TPC and TFC (Table 2) correspond with the results of the half-maximal inhibitory concentration. In other words, the samples with a high DPPH antioxidant activity (lower IC<sub>50</sub> values) also had high total phenolic and flavonoid contents. For instance, the C4 sample, which was collected from Gülner, Mersin, had the highest TPC (132.99 mg/mL) and TFC (10.93 mg/mL), which coincided with a low IC<sub>50</sub> value of 17.13 µg/mL. Additionally, the C4 samples from Gülner, Mersin were chosen to carry the second part of the assays due to their high phenolic and flavonoid contents.

It has been shown that plant flavonoids with high antioxidant capacities are also associated with antimicrobial properties (Górniak et al., 2019). Therefore, the assessment of antimicrobial activity was performed with nine *Cistus* samples carrying higher antioxidant activity. The results showed that methanolic extracts of *C. creticus* possessed none or very weak antimicrobial activity against tested bacteria, yeast, and mold (Table 3). Only noticeable inhibitory effect was found for the C19 samples from Biga, Çanakkale, providing 7- and 6-mm weak inhibition zones against *Listeria monocytogenes* and *Candida albicans*, respectively. Since the results were insignificant, antimicrobial testing was not pursued for the next stage of the study.

As previously mentioned the phenolic compounds with high antioxidant capacity are high likely to hold antimicrobial properties (Górniak et al., 2019). However, the *Cistus* extracts obtained in this study did not demonstrate similar results. In a previous study, Alcaraz et al. (2000) explored the relationship between structures of the polyphenol compounds with their antimicrobial activity. Phenolic compounds with open heterocyclic rings tend to have high antimicrobial properties. Nevertheless, binding of methoxy or acetyl groups to heterocyclic rings at different positions can diminish their antimicrobial activities (Alcaraz et al., 2000; Avila et al., 2008). In addition, it has been also found that the hydroxyl groups on these heterocyclic rings possess strong antioxidant activity, and replacing hydroxyl groups with lipophilic compounds increases the antimicrobial activity of phenolic compounds (Liu et al., 2008). In contrast to our results, lipophilic extracts of *Cistus* spp. demonstrated inhibitory effect against different microorganisms in previous studies (Paduch et al., 2007; Papaefthimiou et al., 2014). These findings suggest that molecules attach to active binding sites of phenolic compounds in the *Cistus* extracts carry high antioxidant activity with low antimicrobial properties.

Table 2. The extract yield, antioxidant activity, total flavonoid and phenolic content of *Cistus creticus* samples obtained from different locations in Türkiye

| Sample number | Location          | Yield (%) | DPPH (IC <sub>50</sub> value, µg/mL) | TFC (mg QUE/g) | TPC (mg GAE/g) |
|---------------|-------------------|-----------|--------------------------------------|----------------|----------------|
| C1            | Gülnar/Mersin     | 16.0      | 27.69                                | 4.22           | 57.22          |
| C2            | Gülnar/Mersin     | 14.0      | 27.18                                | 3.78           | 43.81          |
| C3            | Gülnar/Mersin     | 10.1      | 26.59                                | 3.56           | 47.39          |
| C4            | Gülnar/Mersin     | 13.5      | 17.13                                | 10.93          | 132.99         |
| C5            | Gazipaşa/Antalya  | 13.6      | 20.82                                | 7.72           | 92.16          |
| C6            | Gazipaşa/Antalya  | 13.8      | 30.74                                | 4.67           | 58.13          |
| C7            | Antalya           | 11.6      | 33.21                                | 3.75           | 78.06          |
| C8            | Köyceğiz/Muğla    | 13.2      | 27.35                                | 4.82           | 73.50          |
| C9            | Bucak Dağı        | 11.3      | 27.67                                | 4.80           | 70.75          |
| C10           | Antalya/Serik     | 10.5      | 28.02                                | 4.17           | 80.64          |
| C11           | Dim Orman İşl.    | 11.4      | 29.63                                | 4.65           | 68.90          |
| C12           | İzmir Orman İşl.  | 12.0      | 24.51                                | 5.18           | 87.54          |
| C13           | Antalya           | 14.0      | 21.77                                | 4.38           | 99.79          |
| C14           | Alanya            | 9.3       | 24.01                                | 4.14           | 91.25          |
| C15           | Antalya           | 11.3      | 20.14                                | 4.83           | 88.05          |
| C16           | Lapseki/Çanakkale | 12.6      | 34.76                                | 3.98           | 59.44          |
| C17           | Biga/Çanakkale    | 12.3      | 21.93                                | 5.92           | 108.45         |
| C18           | Çanakkale         | 12.4      | 30.72                                | 4.43           | 52.59          |
| C19           | Biga/Çanakkale    | 15.0      | 19.77                                | 2.66           | 76.65          |
| C20           | Amasya            | 12.8      | 27.7                                 | 2.35           | 67.12          |
| C21           | Hisarönü/Muğla    | 17.2      | 16.89                                | 2.43           | 72.81          |
| C22           | Muğla             | 11.5      | 26.76                                | 3.03           | 64.94          |
| C23           | Manavgat/Antalya  | 13.5      | 21.12                                | 2.54           | 72.80          |
| C24*          | Karşıyaka/İzmir   | 11.4      | 27.87                                | 2.07           | 68.28          |
| C25           | Alanya            | 10.1      | 19.62                                | 2.73           | 85.98          |
| C26           | Datça/Muğla       | 12.5      | 23.62                                | 2.90           | 73.14          |
| C27           | Amasya            | 16.8      | 24.37                                | 2.45           | 76.19          |
| C28           | Alanya            | 14.9      | 20.05                                | 2.69           | 86.55          |
| C29           | Dim/Alanya        | 12.6      | 16.77                                | 2.80           | 84.80          |
| C30           | Muğla             | 15.3      | 22.32                                | 2.46           | 60.32          |
| C31           | Amasya            | 15.2      | 17.65                                | 2.96           | 99.01          |
| C32           | Marmaris/Muğla    | 14.8      | 23.94                                | 3.11           | 77.40          |
| C33           | Marmaris/Muğla    | 13.5      | 25.04                                | 2.31           | 91.04          |
| C34           | Muğla             | 12.8      | 21.56                                | 2.93           | 82.48          |
| C35           | Feke              | 9.6       | 19.11                                | 2.81           | 85.98          |

\*Only this sample was identified as *Cistus parviflorus*.

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; IC<sub>50</sub>: 50% maximum inhibitory concentration; TFC: Total flavonoid content; TPC: Total phenolic content.

Table 3. The results of disc diffusion assay (mm)

| Type of microorganism           | Methanolic extracts of <i>C. creticus</i> |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                 | C4                                        | C15 | C19 | C21 | C24 | C25 | C29 | C31 | C35 |
| <i>Bacillus cereus</i>          | 5.0                                       | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 5.0 |
| <i>Enterococcus faecalis</i>    | 4.0                                       | -   | 4.0 | 4.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 |
| <i>Listeria monocytogenes</i>   | 2.0                                       | 3.0 | 7.0 | 5.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 1.5 |
| <i>Staphylococcus aureus</i>    | 4.0                                       | 2.0 | 2.0 | 3.0 | -   | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 6.0 |
| <i>Escherichia coli</i>         | 1.0                                       | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 5.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 2.0 |
| <i>E. coli</i> O157:H7          | 4.0                                       | 5.0 | 2.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0 | -   | 6.0 | 7.0 |
| <i>Salmonella</i> Typhimurium   | 1.0                                       | 4.0 | 3.0 | 4.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 5.0 |
| <i>Candida albicans</i>         | 4.0                                       | 4.0 | 6.0 | 5.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 6.0 |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 5.0                                       | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 5.0 |
| <i>Aspergillus brasiliensis</i> | 2.0                                       | 2.0 | 1.0 | -   | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

### Phenolic composition of *Cistus* extracts

The polyphenolic compounds of the methanolic and water extracts of plants were analyzed qualitatively and quantitatively by HPLC. Table 4 summarizes the HPLC results on the phenolic content of *C. creticus* L. According to all available data, rutin was the principal substance in terms of quantity (Figure 1). It was not found in water extract; however, it was particularly plentiful in methanolic extract (13.252%) (Table 4). The other ten standards except rutin were detected in all

extracts. Quercetin was the main compound in the methanolic and water extracts, with 7.909% and 5.415%, respectively. Gallic acid was plentiful in the water extract (13.705%) and less in the methanolic extract (1.501%). Benzoic and chlorogenic acids were found in different amounts among the extracts. They were found to be higher in the methanolic extract than the water extract (4.226% and 2.168%, respectively). No difference was observed between the extracts of other phenolic substances (Figure 1).

Table 4. Composition of phenolic compounds of *Cistus creticus* L. obtained by methanol and water extraction

| Phenolic Compound (%) | Approximate Rt (min) | <i>Cistus creticus</i> L. |               |
|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
|                       |                      | Methanol                  | Water         |
| Gallic acid           | 4.942                | 1.50a ± 0.19              | 13.71b ± 0.18 |
| 4-Hydroxybenzoic acid | 13.515               | 1.32a ± 0.11              | 1.35a ± 0.01  |
| Chlorogenic acid      | 14.033               | 2.17a ± 0.07              | 0.58b ± 0.03  |
| Vanillic acid         | 15.402               | 0.27a ± 0.05              | 0.55b ± 0.02  |
| Syringic acid         | 17.835               | 0.11a ± 0.01              | 0.27b ± 0.01  |
| Cumaric acid          | 24.217               | 0.12a ± 0.02              | 0.12a ± 0.08  |
| Rutin                 | 29.577               | 13.25 ± 2.19              | -             |
| Benzoic acid          | 30.565               | 4.23a ± 0.52              | 0.90b ± 0.02  |
| Cinnamic acid         | 35.873               | 0.93a ± 0.19              | 0.07b ± 0.01  |
| Rosmarinic acid       | 38.037               | 0.72a ± 0.01              | 0.11b ± 0.04  |
| Quercetin             | 44.296               | 7.91a ± 0.98              | 5.42b ± 0.12  |

Data is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

<sup>a,b</sup> Different letters in the same row denote a significant difference, two sample t test ( $P \leq 0.05$ ).

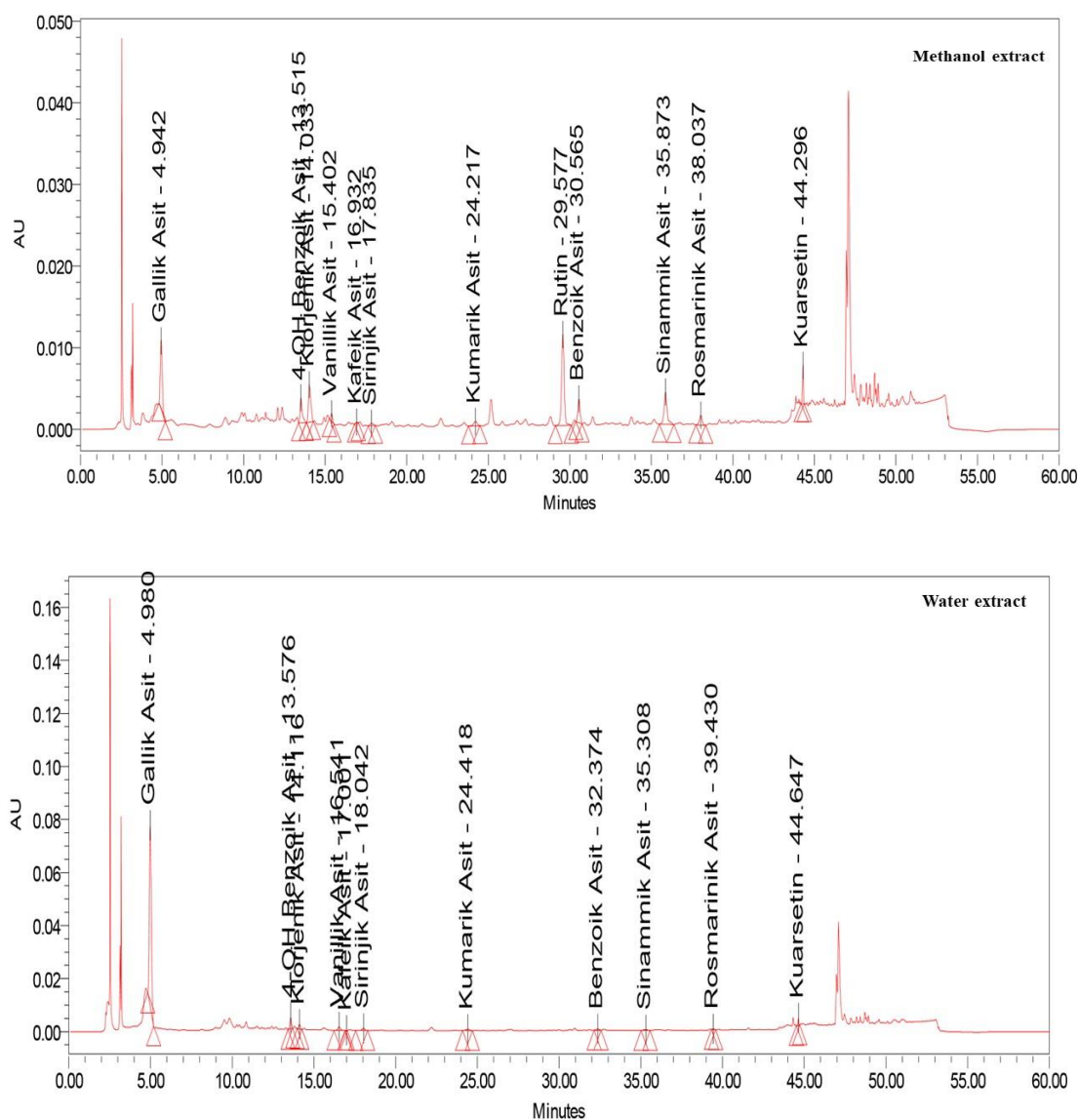


Figure 1. HPLC chromatograms of *Cistus creticus* L. extracts.

Although the same flavonoids discussed in this article have not been addressed in any literature-based papers, there are a few studies that explain the development of a comparable gradient method for the analysis of various polyphenols from *Cistus* species. Generally, studies have been examined in terms of the quercetin, myricetin, and rutin contents of the *Cistus* plant. No studies were found to evaluate vanillic, syringic, cumaric, benzoic, cinnamic, rosmarinic, and gallic acids. In a study examining the polyphenol contents of 5 different *Cistus* species endemic to Turkey (Onal

et al., 2023), quercetin-3-rutinoside (50.61 ppm) was the highest content in the *C. creticus* species. In another study investigating *Cistus* species endemic to Turkey (Gürbüz et al., 2018), the outcomes showed that quercetin in *C. salviifolius* and kaempferol in all examined samples remained below the limit of detection. Despite this, monocoumaroyl kaempferol glucoside trans-tiliroside was found to be the most prevalent flavonoid in *C. salviifolius* and *C. creticus* (0.276 g and 0.253 g in 100 mL extract, respectively), whereas hyperin and myricetin 3-O-galactopyranoside were found

to be the most potent flavonoids in *C. laurifolius* samples. On the contrary, rutin and quercetin were prominent in this study. It can be interpreted that the plants may have changed depending on the year they were collected, the soil, the climate, and the extraction techniques.

Mastino et al. (2018) examined the phenolic contents of three different *Cistus* species. In that study, they used 51 phenolic standards and detected 37 different compounds in the *C. creticus* species. The phenolic acids represented the main fraction in all three samples. The methyl derivatives of rosmarinic acid observed in all three *Cistus* species were 3-O-methylrosmarinic acid, dihydroxy-dihydroferuloyl methyl rosmarinic acid, and feruloyl dimethyl rosmarinic acid. The study results of Mastino et al. (2018) differ from our study because of the regional difference. They used *C. creticus* from Sardinia, Italy. Some of our phenolics, such as rutin and quercetin, were not detected in *Sardinia creticus* species. So, we can say that the growing place of the plant affects the composition.

In our study, phenolic makeup was also evaluated in terms of extraction procedure. The various extraction techniques employed in the investigations, as well as the plant's origin and edaphic variables, result in varying outcomes. The health benefits of *C. creticus* L. are associated with its high content of rutin and quercetin (Hitl et al., 2022). Its high antioxidant capacity can be associated with these molecules. Good for heart and brain health, lowering blood pressure, and reducing oxidative stress are the proven effects of

rutin and quercetin molecules (Ciumărnean et al., 2020).

#### Total phenolic and flavonoid content and antioxidant activity of *Cistus* extracts

The results of the total phenolic content of the methanol and water extracts of *C. creticus* are presented in Table 5. The methanol extract (135.24 mg GAE/g) had a statistically significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher total phenolic content than the water extract (114.35 mg GAE/g). According to the HPLC results, gallic acid was in higher concentration in the water extract, while benzoic acid was found in higher proportions in the methanolic extract. As is known, the total phenolic content analysis covers the presence of various phenolic compounds, including phenolic acids and flavonoids. Because of the presence of phenolic acids and the high content of flavonoids such as rutin and quercetin, the TPC value of the *C. creticus* methanolic extract was higher than the water extract (Tables 4 & 5). In a recent study by İnan et al. (2021), an aqueous extract of *C. creticus*, which was obtained from Kayışdağı, İstanbul, had a much higher TPC (275.47 mg GAE/g) in comparison to this study. On the contrary, a lower TPC (69.34 mg GAE/g) was reported for a methanolic extract of the Syrian *C. creticus* (Waed et al., 2016). When the TPC results of *C. creticus* extracts were compared with other *Cistus* species, our extracts had a higher TPC than the *C. albidus* (L.) (112.48 mg GAE/g) and *C. monspeliensis* (L.) (79.19 mg GAE/g) (Bouyahya et al., 2016), and a lower TPC than the *C. salvifolius* (560.3 mg GAE/g) (Rebaya et al., 2016).

Table 5. Total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant activities of *Cistus creticus* L. attained by methanol and water extraction

| Parameters                      | <i>Cistus creticus</i> L. |                 |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|
|                                 | Methanol                  | Water           |
| TPC (mg GAE/g DW)               | 135.24a ± 12.83           | 114.35a ± 10.89 |
| TFC (mg QUE/g DW)               | 34.34a ± 6.33             | 19.78b ± 1.66   |
| DPPH (IC <sub>50</sub> , µg/ml) | 13.94a ± 0.96             | 34.41b ± 2.28   |
| FRAP (M Fe <sup>+2</sup> /g)    | 1.27a ± 123.79            | 0.72b ± 33.42   |

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; FRAP: ferric reducing antioxidant power.

Data is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

<sup>a,b</sup> Different letters in the same row denote a significant difference, two sample t test ( $P \leq 0.05$ ).

The total flavonoid content of the *C. creticus* extracts was significantly ( $P \leq 0.05$ ) affected by the extraction methodology. Similar to the TPC results, the TFC of methanolic extract was higher than water extract (Table 5). The presence of rutin and quercetin was associated with a higher TFC value for the methanolic extract than the water extract with just quercetin present. It should also be noted that since the chromatography analysis was limited to the quantification of the available standards, unidentified flavonoids may also have an influence on the TFC values. Contrarily, in a previous study, a higher ( $P \leq 0.05$ ) TFC value was found for the water extract of *C. creticus* than the methanolic extract (Waed et al., 2016). In another study, Skorić et al. (2012) investigated the effect of shoots and roots on the TPC and TFC values of a *C. creticus* ethanolic extract and found that extracts obtained from shoots had significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher TPC and TFC values than the roots. Besides, İnan et al. (2021) reported 24.15 mg QUE/g for the water extract of *C. creticus*, which was higher than our results for the water extract (19.78 mg QUE/g).

It has long been known that phenolic acids and flavonoids are major antioxidant compounds. They can exhibit their antioxidant activity by the mechanism of donating electrons or protons to scavenge free radicals, to chelate metal ions, or to inhibit enzymes responsible for radical generation (Irigoitia et al., 2021). In previous studies,  $IC_{50}$  values of some of the pure antioxidant compounds have been reported as follows: gallic acid (3.53  $\mu\text{g/mL}$ ), quercetin (6.55  $\mu\text{g/mL}$ ), rutin (9.44  $\mu\text{g/mL}$ ) (Singh et al., 2018), and ascorbic acid (5.59  $\mu\text{g/mL}$ ) (Gedikoglu et al., 2022). In this study, *C. creticus* extracts demonstrated strong radical scavenging activity for the DPPH radical. Despite the water extract possessing a higher content of gallic acid, possibly due to the presence of higher proportions of quercetin, benzoic acid, and rutin that are only found in the methanolic extract, the *C. creticus* methanolic extract (13.94  $\mu\text{g/mL}$ ) had a significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher antioxidant activity than the water extract (34.41  $\mu\text{g/mL}$ ) (Table 5). When the studied extracts compared to mentioned pure antioxidants, *Cistus* extracts had a relatively lower antioxidant

capacity. On the other hand, İnan et al. (2021) found compatible results with these antioxidant compounds (5.63  $\mu\text{g/mL}$ ). As is known, the radical scavenging activity of extracts can differ according to methodology, type of solvent used in the assays, material location, vegetative stages of the plant, part of the plant used for the extraction, and the presence and quantity of polyphenols (Papaefthimiou et al., 2014; Matlok et al., 2020). Therefore, the differences in the  $IC_{50}$  values could be associated with some of the aforementioned factors. When the antioxidant activity was evaluated by the FRAP assay, the results were similar to the DPPH radical scavenging activity (Table 5). The methanolic extract of *C. creticus* exhibited strong ferric reducing antioxidant activity and provided statistically significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher antioxidant activity than the water extract. There are no reports of FRAP values found for *Cistus* spp. in the literature, as far as in our knowledge. Besides, when the *Cistus* extracts were compared to natural extracts (Gedikoglu, 2022) and essential oils (Gedikoglu et al., 2019), both the methanolic and water extracts of *Cistus* had significantly better results.

## CONCLUSION

In this study, the phenolic composition and antioxidant activity of *Cistus creticus* L. was evaluated according to extraction methods. The presence and concentration of polyphenolic compounds in the extracts and their antioxidant activities were significantly ( $P \leq 0.05$ ) affected by the extraction techniques. The methanolic extracts exhibited the highest antioxidant activities in both the DPPH and FRAP assays. In addition, rutin was only present in the methanolic extracts. Furthermore, quercetin and benzoic acid were found in significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher amounts in the methanolic extracts. On the other hand, gallic acid content was higher ( $P \leq 0.05$ ) in the aqueous extracts.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ayça Gedikoglu: Data collection; formal analysis; project administration; writing, reviewing, and editing.

Hale İnci Öztürk: Data collection, writing, reviewing, and editing.

Ezgi Aytaç: Processing plant material, data collection, and writing.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully appreciate the financial support from Konya Food and Agriculture University (Project No: BAP-2017/0012). Also, we would like to thank Prof. Dr. Münevver Sökmen for obtaining plant material and Prof. Dr. Menşure Özgüven for her help during plant identification.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors have no competing interests to declare.

#### REFERENCES

- Akkol, E.K., Orhan, I.E., Yeşilada, E. (2012). Anticholinesterase and antioxidant effects of the ethanol extract, ethanol fractions and isolated flavonoids from *Cistus laurifolius* L. leaves. *Food Chemistry*, 131(2): 626-631, doi:10.1016/j.foodchem.2011.09.041.
- Alcaraz, L.E., Blanco, S.E., Puig, O.N., Tomas, F., Ferretti, F.H. (2000). Antibacterial activity of flavonoids against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains. *Journal of Theoretical Biology*, 205: 231–240, doi:10.1006/jtbi.2000.2062.
- Avila, H.P., Smânia, F.A., Monache, F.D., Smânia Júnior, A. (2008). Structure-activity relationship of antibacterial chalcones. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 16: 9790–9794, doi:10.1016/j.bmc.2008.09.064.
- Barrajón-Catalán, E., Fernández-Arroyo, S., Roldán, C., Guillén, E., Saura, D., Segura-Carretero, A., Micol, V. (2011). A systematic study of the polyphenolic composition of aqueous extracts deriving from several *Cistus* genus species: evolutionary relationship. *Phytochemical Analysis*, 22(4): 303-312, doi:10.1002/pca.1281.
- Bouyahya, A., Abrini, J., El-Baabou, A., Bakri, Y., Dakka, N. (2016). Determination of phenol content and antibacterial activity of five medicinal plants ethanolic extracts from North-West of Morocco. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 7(4): 1000342, doi:10.4172/2157-7471.1000342.
- Carev, I., Maravić, A., Ilić, N., Čikeš Čulić, V., Politeo, O., Zorić, Z., Radan, M. (2020). UPLC-MS/MS phytochemical analysis of two croatian *Cistus* species and their biological activity. *Life*, 10(7): 112, doi:10.3390/life10070112.
- Ciumărnean, L., Milaciu, M.V., Runcan, O., Vesa Ş.C., Răchişan, A.L., Negrean, V., Perné, M.G., Donca, V.I., Alexescu, T.G., Para, I., Dogaru, G. (2020). The effects of flavonoids in cardiovascular diseases. *Molecules*, 25, 4320, doi:10.3390/molecules25184320.
- Cox-Georgian, D., Ramadoss, N., Dona, C., Basu, C. (2019). *Therapeutic and medicinal uses of terpenes*. Medicinal Plants: From Farm to Pharmacy. Cham: Springer International Publishing.
- Cuendet, M., Potterat, O., Hostettmann, K. (2001). Flavonoids and phenylpropanoid derivatives from *Campanula barbata*. *Phytochemistry*, 56(6): 631-636, doi:10.1016/S0031-9422(00)00423-4.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4): 654-660, doi:10.1016/j.foodchem.2005.04.028.
- Gedikoğlu, A. (2022). Antimicrobial and antioxidant activities of commercialized Turkish propolis extract, and application to beef meatballs. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(10): 2021-2029, doi:10.24925/turjaf.v10i10.2021-2029.5340.
- Gedikoğlu, A., Öztürk, H.İ., Buzrul, S., Sökmen, M., Aytaç, E. (2022). Effect of pink rock rose extract with or without ascorbic acid and sodium ascorbate for the preservation of ready-to-eat frankfurter type sausages. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12): 2545-2553, doi:10.24925/turjaf.v10i12.2545-2553.5556.
- Gedikoğlu, A., Sökmen, M., Çivit, A. (2019). Evaluation of *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* essential oils and plant extracts for chemical composition, antioxidant, and antimicrobial properties. *Food Science & Nutrition*, 7(5): 1704-1714, doi:10.1002/fsn3.1007.

- Górniak, I., Bartoszewski, R., Króliczewski, J. (2019). Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochemistry Reviews*, 18(1): 241-272, doi:10.1007/s11101-018-9591-z.
- Gürbüz, P., Kosar, M., Güvenalp, Z., Uz, A., Demirezer, L. (2018). Simultaneous determination of selected flavonoids from different *Cistus* species by HPLC-PDA. *Journal of Research in Pharmacy*, 22(3): 405-410, doi:10.12991/jrp.2018.80.
- Güvenç, A., Yıldız, S., Özkan, A.M., Erdurak, C.S., Coşkun, M., Yılmaz, G., Okuyama, T., Okada, Y. (2005). Antimicrobiological studies on Turkish *Cistus* species. *Pharmaceutical Biology*, 43(2): 178-183, doi:10.1080/13880200590919537.
- Hitl, M., Bijelić, K., Stilinović, N., Božin, B., Srđenović-Čonić, B., Torović, L., Kladar, N. (2022). Phytochemistry and antihyperglycemic potential of *Cistus salvifolius* L., Cistaceae. *Molecules*, 27, 8003, doi:10.3390/molecules27228003.
- Hudzicki, J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American Society for Microbiology*, 15: 55-63.
- İnan, Y., Akyüz, S., Kurt-Celep, I., Celep, E., Yesilada, E. (2021). Influence of in vitro human digestion simulation on the phenolics contents and biological activities of the aqueous extracts from Turkish *Cistus* species. *Molecules*, 26(17):5322, doi:10.3390/molecules26175322.
- Irigoiti, Y., Yamul, D.K., Navarro, A.S. (2021). Co-crystallized sucrose with propolis extract as a food ingredient: Powder characterization and antioxidant stability. *LWT*, 143: 111164, doi:10.1016/j.lwt.2021.111164.
- Küpeli, E., Yesilada, E. (2007). Flavonoids with anti-inflammatory and antinociceptive activity from *Cistus laurifolius* L. leaves through bioassay-guided procedures. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(3): 524-530, doi:10.1016/j.jep.2007.04.011.
- Liu, X.L., Xu, Y.J., Go, M.L. (2008). Functionalized chalcones with basic functionalities have antibacterial activity against drug sensitive *Staphylococcus aureus*. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 43: 1681-1687, doi:10.1016/j.ejmech.2007.10.007.
- Matlok, N., Lachowicz, S., Gorzelany, J., Balawejder, M. (2020). Influence of drying method on some bioactive compounds and the composition of volatile components in dried pink rock rose (*Cistus creticus* L.). *Molecules*, 25(11): 2596, doi:10.3390/molecules25112596.
- Mastino, P. M., Mauro, M., Jean, C., Juliano, C., Marianna, U. (2018). Analysis and potential antimicrobial activity of phenolic compounds in the extracts of *Cistus creticus* subspecies from Sardinia. *Natural Product Journal* 8, 166-174, doi:10.2174/2210315508666180327151318.
- Onal, F.N., Ozturk, I., Aydın Kose, F., Der, G., Kilinc, E., Baykan, S., 2023. Comparative evaluation of polyphenol contents and biological activities of five *Cistus* L. species native to Turkey. *Chemical Biodiversity*, 20, e202200915, doi:10.1002/cbdv.202200915.
- Paduch, R., Kandefler-Szerszeń, M., Trytek, M., Fiedurek, J. (2007). Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 55(5): 315-327, doi:10.1007/s00005-007-0039-1.
- Papaefthimiou, D., Papanikolaou, A., Falara, V., Givanoudi, S., Kostas, S., Kanellis, A.K. (2014). Genus *Cistus*: a model for exploring labdane-type diterpenes' biosynthesis and a natural source of high value products with biological, aromatic, and pharmacological properties. *Frontiers in Chemistry* 2, doi:10.3389/fchem.2014.00035.
- Rebaya, A., Belghith, S.I., Cherif, J., Trabelsi-Ayadi, M. (2016). Total phenolic compounds and antioxidant potential of rokrose (*Cistus salvifolius*) leaves and flowers grown in Tunisia. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 8: 327-331.
- Riahi, L., Chograni, H., Elferchichi, M., Zaouali, Y., Zoghalmi, N., Mliki, A. (2013). Variations in Tunisian wormwood essential oil profiles and phenolic contents between leaves and flowers and their effects on antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 46: 290-296, doi:10.1016/j.indcrop.2013.01.036.



- Singh, D.P., Verma, S., Prabha, R. (2018). Investigations on antioxidant potential of phenolic acids and flavonoids: The common phytochemical ingredients in plants. *Journal of Plant Biochemistry & Physiology*, 6(3): 1000219, doi:10.4172/2329-9029.1000219.
- 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.
- Skorić, M., Ćirić, A., Budimir, S., Janošević, D., Anđelković, B., Todosijević, M., Todorović, S., Soković, M., Glamočlija, J., Tešević, V., Gašić, U., Mišić, D., Kanellis, A.K. (2022). Bioactivity-guided identification and isolation of a major antimicrobial compound in *Cistus creticus* subsp. *creticus* leaves and resin “ladano”. *Industrial Crops and Products*, 184: 114992, doi:10.1016/j.indcrop.2022.114992.
- Skorić, M., Todorović, S., Gligorijević, N., Janković, R., Živković, S., Ristić, M., Radulović, S. (2012). Cytotoxic activity of ethanol extracts of *in vitro* grown *Cistus creticus* subsp. *creticus* L. on human cancer cell lines. *Industrial Crops and Products*, 38: 153-159, doi:10.1016/j.indcrop.2012.01.017.
- Şekeroğlu, N., Gezici, S. (2021). Rockrose (*Cistus* spp.) species as Turkey’s virus repellent plants: Traditional uses, bioactive chemical components and pharmacological activities. *Mersin University School of Medicine Lokman Hekim Journal of History of Medicine and Folk Medicine*, 11(2): 258-268, doi:10.31020/mutfd.895397.
- Tomás-Menor, L., Morales-Soto, A., Barrajon-Catalán, E., Roldán-Segura, C., Segura-Carretero, A., Micol, V. (2013). Correlation between the antibacterial activity and the composition of extracts derived from various Spanish *Cistus* species. *Food and Chemical Toxicology*, 55: 313-322, doi:10.1016/j.fct.2013.01.006.
- Waed, A., Ghalia, S., Adawia, K. (2016). Evaluation of radical scavenging activity, total phenolics and total flavonoids contents of *Cistus* species in Syria. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 8: 1071-1077.
- Yeşilyurt, B.E. (2012). *Cistus*. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.



## DEVELOPMENT of OAT-BASED SNACK PASTES with HONEY and COCONUT (*COCOS NUCIFERA* L.) OIL

Pınar Gümüş<sup>1</sup>, Filiz Uçan Türkmen<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık University, Yusuf Serefoglu Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Kilis, Turkey

<sup>\*2</sup>Kilis 7 Aralık University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Kilis, Turkey

Received /Geliş: 23.03.2023; Accepted / Kabul: 06.06.2023; Published online / Online baskı: 20.07.2023

Gumus, P., Ucan Turkmen, F., (2023). Development of oat-based snack pastes with honey and coconut (*Cocos nucifera* L.) oil. GIDA (2023) 48 (4) 741-749 doi: 10.15237/ gida.GD23035

Gümüş, P., Uçan Türkmen, F., (2023). Bal ve hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) yağı ile yulaf bazlı atıştırmalık macunların geliştirilmesi. GIDA (2023) 48 (4) 741-749 doi: 10.15237/ gida.GD23035

### ABSTRACT

Coconut oil has become popular as functional food as the consumer awareness is increasing. Snacks are preferred due to many health benefits. The aim of this study was to compare the effect of the use of honey and coconut oil on the antioxidant, physicochemical and sensory properties of snack pastes. Snack paste containing honey-coconut oil (1:0) was coded Type A, containing honey-coconut oil (1:1) was coded Type B and containing honey-coconut oil (0:1) was coded Type C. This study was observed that there were no significant differences with respect to total phenolic content among snack pastes ( $P > 0.05$ ). Although the difference between A and B samples was statistically insignificant with respect to pH values ( $P > 0.05$ ), there were significant differences among snack pastes with respect to water activity and titratable acidity ( $P < 0.05$ ). It was concluded that snack paste containing coconut oil can be used as an alternative to snack paste containing honey.

**Keywords:** Coconut oil, *Cocos nucifera* L., honey, snack paste

## BAL ve HİNDİSTAN CEVİZİ (*COCOS NUCIFERA* L.) YAĞI ile YULAF BAZLI ATIŞTIRMALIK MACUNLARIN GELİŞTİRİLMESİ

### ÖZ

Hindistan cevizi yağı, tüketici bilinci arttıkça fonksiyonel gıda olarak popüler hale gelmiştir. Atıştırmalıklar, çeşitli sağlık yararları nedeniyle tercih edilmektedir. Bu çalışmanın amacı, bal ve hindistan cevizi yağı kullanımının atıştırmalık macunların antioksidan, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini karşılaştırmaktır. Bal-hindistan cevizi yağı (1:0) içeren atıştırmalık macun Tip A, bal-hindistan cevizi yağı içeren (1:1) atıştırmalık macun Tip B ve bal-hindistan cevizi yağı (0:1) içeren atıştırmalık macun Tip C olarak kodlanmıştır. Bu çalışmada macun örnekleri arasında toplam fenolik madde içeriği açısından önemli bir fark olmadığı görülmüştür ( $P > 0.05$ ). A ve B numuneleri arasındaki fark pH değerleri açısından istatistiksel olarak önemsiz olmasına rağmen ( $P > 0.05$ ), su aktivitesi ve titre edilebilir asitlik açısından macun örnekleri arasında farklılık önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Hindistan cevizi yağı içeren atıştırmalık macunun bal içeren atıştırmalık macuna alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Hindistan cevizi yağı, *Cocos nucifera* L., bal, atıştırmalık macun

\* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: ucanfiliz@gmail.com

☎ : (+90) 348 814 3096/1812

☎ : (+90) 348 814 3098

Filiz Uçan Türkmen; ORCID no: 0000-0002-3653-9433

Pınar Gümüş; ORCID no: 0000-0003-4085-9859

## INTRODUCTION

The importance of novel products in the food market is increasing day by day. Consumer interest in less processed and natural alternative products has been increasing (Dikyokus, 2022; Manguldar et al., 2022). In recent years, dietary habits have changed dramatically around the world. Functional foods providing a health-promoting activity as well as the traditional nutritional value can be defined as foods that increase the quality of life. As consumers' needs have grown, the interest in functional foods as well as nutritious and pleasing sensory foods is increasing (Karelakis et al., 2019; Dikyokus, 2022; Ghosh et al., 2022; Manguldar et al., 2022).

Coconut that is one of the most important and unique foods in some tropical and subtropical countries also known as *Cocos nucifera*, a tree known for its many nutritional properties. The coconut that is quite nutritious; abundant in fibre, vitamins, and minerals is known as a functional food since it provides health advantages beyond its nutritional content (Carandang, 2008; Obidoa et al., 2010; Shankar et al., 2013; Lima, et al., 2019). Coconut oil composed of almost 90-95% saturated fatty acid is largely used for food and industrial purposes. Virgin coconut oil, the newest high-value product, is obtained directly from meat of fresh coconut. The latter is manufactured from dried coconut meat and undergoes refining process to make the oil edible (Carandang, 2008; Marina et al., 2009; Shankar et al., 2013; Dayrit, 2015; Kappally et al., 2015). Snacks that give a feeling of satiety are an important part of the diet. The development of functional snacks has received much attention in recent years due to various health advantages. Snack pastes are versatile products often can be produced with oat. Oat (*Avena sativa* L.) is a multifunctional grain that has been used as human diet with their protein quality, high unsaturated fat and fiber content and antioxidant property since ancient times. Considering the health and nutritional benefits of oat, its utilization in food production such as bread, oat milk, breakfast cereals and biscuits in the food industry has increased (Dikyokus, 2022; Manguldar, et al., 2022).

Honey that is one of the most popular functional foods is a natural bee product. Honey which is a supersaturated sugary, naturally sweet, flavorful and viscous substance is produced by honeybees (*Apis mellifera*) from flower nectar (Dikyokus, 2022; Hossain et al., 2022; Nikhat and Fazil, 2022). Hazelnut (*Corylus avellana* L.) belongs to the *Betulaceae* family. Hazelnut is a well-known tree nut around the world. The use of banana as an ingredient in different food products develops some essential minerals, resistant starch, total dietary fiber and starch. This fruit is a rich source of important phytonutrients, containing vitamins and phenolic compounds and minerals such as calcium, phosphorus, potassium, manganese, iron, zinc and magnesium etc. (Dikyokus, 2022; Manguldar et al., 2022).

In this study, coconut oil and honey were used in snack paste production. The comparison between honey and coconut oil on physicochemical and sensory characteristics and antioxidant activities of snack paste were investigated.

## MATERIALS AND METHODS

### MATERIALS

In this study, all the ingredients used in snack paste formulations (hazelnut, banana, honey, coconut oil, sesame, muesli containing oat and dried fruits) and molds for snack pastes were obtained from the local market. All chemicals were obtained from Merck.

### METHODS

#### Snack paste production

Samples of snack pastes were carried out using muesli, banana, sesame, hazelnut, honey and coconut oils. It was tried to reach the most efficient final product formulation by making changes in the ratios of honey and coconut oils components in the product according to Table 1. Hazelnut and muesli were used by grinding. Each sample was weighed separately then all ingredients were mixed for about 5 min. Mixing was done manually with a sterile glass rod. Type A, B and C were prepared respectively. Type A was used as control sample. The snack pastes were placed into the cake capsule and finally, they

were wrapped in aluminum foil to be prepared for analysis and stored in the refrigerator at +4 °C.

Table 1. Snack Paste Formulations

| Ingredients     | Types of Snack Paste (100 g) |        |        |
|-----------------|------------------------------|--------|--------|
|                 | Type A*                      | Type B | Type C |
| Muesli (g)      | 40 g                         | 40 g   | 40 g   |
| Banana (g)      | 20 g                         | 20 g   | 20 g   |
| Hazelnut (g)    | 15 g                         | 15 g   | 15 g   |
| Sesame (g)      | 5 g                          | 5 g    | 5 g    |
| Coconut oil (g) | -                            | 10 g   | 20 g   |
| Honey (g)       | 20 g                         | 10 g   | -      |

\*Type A was used as control sample

### Physicochemical analysis

Water activity was measured by  $a_w$  meter (Novasina Labmaster Water Activity Meter, Switzerland). Sample solution was prepared for physicochemical analysis (pH and titration acidity) using the method described by Cemeroglu (2007). The pH analysis was made by pH-meter (Weilheim, Germany). Titratable acidity was done by an end point titration at pH 8.1 with 0.1 N NaOH. The results determined as citric acid, g/100mL (Sánchez-Moreno et al., 2003).

### Color measurement

Color values was read by the HunterLab Spectrophotometer (HunterLab miniscan EZ, USA). Snack paste samples were transferred into 20 mm Optical Glass Cell Light Path and then analyzed. The results were given with respect to the CIELAB color system. These formulas were utilized for the calculations of Hue\* and C\*:

$$\text{Hue}^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

### Chemical extraction for spectrophotometric analysis

The addition of formic acid to the methanol-water mixture (75% methanol-0.1% formic acid) is suitable for the extraction of snack pastes. Snack paste samples ground with a blender (Waring Laboratory Science, Torrington, USA) were homogenized and weighed into conical falcon tubes  $2.00 \pm 0.01$  g on a precision balance

(Shimadzu, ATX224, Japan), 20 mL solvent (75% methanol-0.1% formic acid) was added and it was waited in an ultrasonic bath (Bandelin Sonorex, RK103H, Germany) for 15 minutes. It was kept waiting for the leaching activity to take place. Then, centrifugation was performed at 4°C, 3500 rpm for 10 minutes and the supernatant was collected with a Pasteur pipette. This process was performed 3 times and the liquid collected from the 3 extractions was filtered into a clean falcon tube with filter paper (0.45µm) and completely purified from its sediments. The extracted liquids were stored at +4 °C until analysis (Dikyokus, 2022).

### Total phenolic content

0.5 mL of the methanolic extract, 2.5 mL of 10% Folin-Ciocalteu's reagent and 2.5 mL 7.5% NaHCO<sub>3</sub> were mixed, respectively. These mixtures were kept in a water bath at 45°C for 45 min. The mixture absorbance was then read at 765 nm using a UV-VIS (Ultraviolet visible) spectrophotometer (Biochrom, Libra S60, England). It was indicated as mg gallic acid equivalents per g (Stankovic, 2011).

### Total flavonoid content

1 ml of sample extract was diluted (1:6) and mixed with 0.3 ml %5 NaNO<sub>2</sub>. Then the mixture was mixed by using vortex and was kept for 5 min. Then, 0.6 mL of 10% AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O solution was put in and kept again for 5 min, the reaction mixture by adding 2 mL of 1 M NaOH solution was completed to 10mL with double-distilled

water. Afterward 15 min incubation, the absorbance was read by UV-VIS spectrophotometer at 510 nm (Biochrom, Libra S60, England). It was determined as mg rutin equivalents per gram (mg RE/g) (Sharm and Vig, 2013).

#### DPPH Radical Scavenging Activity

3.9 mL of the DPPH (2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl) solution was transferred into 100  $\mu$ L of the samples and these mixture was stirred by the vortex. The mixtures were kept in dark at room temperature for 2 hour. The remaining DPPH amount was detected by reading at 515 nm. The inhibition of DPPH was evaluated as percent according to the formula

$$I\% = [(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}] \times 100 \quad (3)$$

$A_{\text{blank}}$  is the absorbance of the control and  $A_{\text{sample}}$  is the absorbance of the sample extract (Huang et al., 2005; Yilmaz, 2011).

#### Ferric reducing capacity assay

The reducing  $\text{Fe}^{3+}$  to  $\text{Fe}^{2+}$  capability of antioxidant compounds in snack paste extracts was determined following the methods described in Oyaizu (1986). Snack paste extract (1 mL) was combined with 2.5 mL of 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) and 2.5 mL of 1%  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ . This reaction solution was kept at 50°C for 20 min. Then, 10% trichloroacetic acid (TCA) was put in and the mixture was centrifuged at 2500 rpm for 10 min. Afterwards, 2.5 mL of distilled water and 2.5 mL of supernatant were added to 0.5 ml  $\text{FeCl}_3$  (0.1%). The absorbance of the reaction mixture was read at 700 nm (Biochrom, Libra S60, England). BHT, BHA,  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid were used in the FRAP analysis.

#### Phosphomolybdenum assay

The total antioxidant capacity was measured following the methods reported in Zengin et al. (2014). Three milliliters of reactive solution including 0.6 M sulfuric acid, 28 mM sodium phosphate, and 4 mM ammonium molybdate was transferred into 300  $\mu$ L snack paste extract quickly. Then it was kept at 95°C for 90 min, the absorbance was read at 695 nm (Biochrom, Libra

S60, England). It was detected as equivalents of trolox ( $\mu\text{g}/\text{TE g}$ ).

#### Ascorbic acid content

The ascorbic acid content was read at 518 nm by using Hıslı (2004) method with some alterations. As standard L-ascorbic acid was used.

#### Sensory analysis

Sensory evaluation of snack paste samples was been carried out by 10 panelists according to previously described study with some modifications by (Manguldar et al., 2022). Same amount of each sample were weighed into molds and 3-letter random codes were given. Snack paste samples were determined for appearance, chewiness, taste and aroma, odor and general acceptability using the hedonic scale from 1 (dislike extremely) to 5 (like extremely).

#### Statistical analysis

The SPSS 23.0 for Windows (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) was applied for analysis of variance and Duncan's multiple comparison tests. Different snack paste samples were used as variables, confidence level was 95%, all analyses was done with three replicates.

## RESULTS AND DISCUSSION

#### Physicochemical analyses

The results of the physicochemical analysis of snack paste samples are shown in Table 2. It can be seen that the pH values of snack pastes were 6.38, 6.42 and 6.53, respectively. Titratable acidity (TA) values of snack pastes ranged from 0.17 to 0.24 g/100 g. Water activities ( $a_w$ ) of snack paste samples were determined as 0.837, 0.943 and 0.862, respectively. Although the difference between A and B samples was statistically insignificant with respect to pH values ( $P > 0.05$ ), there were significant differences among snack pastes with respect to water activity and titratable acidity ( $P < 0.05$ ) (Table 2). Similar  $a_w$  results have been observed elsewhere. Ibrahim et al. (2021) reported that the highest  $a_w$  (0.869 and 0.889) was found in the control sample. The lowest  $a_w$  (0.654 and 0.721) contained in a snack bar had the lowest amount of date paste. Munir et al. (2018) observed that TA values of date based snack bars

varied between 0.3-0.4% and also  $a_w$  of date based snack bars varied between 0.559 and 0.613. Abdel-Salam et al. (2022) reported that pH values in snack bars were changed between 5.22 and 5.83 and acidity values of snack bars were altered

between 0.37-0.47%. The differences in the results found in the present study and those mentioned in the literature may be due to the various formulations.

Table 2. Physicochemical analysis results of different snack paste samples

| Samples | Analysis               |                               |                          |
|---------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|         | pH                     | Titrateable Acidity (g/100 g) | Water Activity ( $a_w$ ) |
| A*      | 6.38±0.04 <sup>b</sup> | 0.20±0.00 <sup>b</sup>        | 0.837±0.00 <sup>c</sup>  |
| B       | 6.42±0.02 <sup>b</sup> | 0.24±0.00 <sup>a</sup>        | 0.943±0.00 <sup>a</sup>  |
| C       | 6.53±0.03 <sup>a</sup> | 0.17±0.00 <sup>c</sup>        | 0.862±0.00 <sup>b</sup>  |

Values followed by different superscripted letter within the same column are significantly different from each other ( $p < 0.05$ )

\*Type A was used as control sample

### Color Measurement ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , hue and chroma)

The color of snack paste is one of the most significant parameters for detecting consumer acceptance. The color results (lightness, redness, and yellowness) of the snack paste samples are given in Table 3.  $L^*$  values were evaluated as 37.19, 43.42 and 47.44, respectively. The  $a^*$  and  $b^*$  values were evaluated as 8.08, 30.09 and 6.25, 16.53 and also 5.28, 11.73, respectively. It can be seen that hue and chroma values were 74.96, 31.16 and 68.48, 17.69 and also 64.87, 12.91, respectively. It was observed that there were

significant differences among  $L^*$  and  $H^*$  color values of snack pastes ( $P < 0.05$ ). Compared to the control sample, while the lightness increased in both samples B and C; It was determined that the redness and yellowness values, which are  $a$  and  $b$  values, decreased. The highest lightness was detected in the C sample. This is thought to be due to the added coconut oil. The lightness increased as the amount of coconut oil added increased. Bchir et al. (2018) stated that cereal bars obtained from pear and wheat bran had higher  $L^*$ , while,  $a^*$  and  $b^*$  values were positive among all cereal bar types.

Table 3. Color values of snack paste samples

| Samples | Analysis                |                        |                         |                          |                         |
|---------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|         | $L^*$                   | $a^*$                  | $b^*$                   | Hue                      | Chroma                  |
| A*      | 37.19±0.61 <sup>c</sup> | 8.08±0.20 <sup>a</sup> | 30.09±1.73 <sup>a</sup> | 74.96±0.53 <sup>a</sup>  | 31.16±1.72 <sup>a</sup> |
| B       | 43.42±1.08 <sup>b</sup> | 6.25±0.92 <sup>b</sup> | 16.53±5.44 <sup>b</sup> | 68.48±3.99 <sup>ab</sup> | 17.69±5.40 <sup>b</sup> |
| C       | 47.44±1.94 <sup>a</sup> | 5.28±0.16 <sup>b</sup> | 11.73±3.22 <sup>b</sup> | 64.87±6.19 <sup>b</sup>  | 12.91±2.93 <sup>b</sup> |

Values followed by different superscripted letter within the same column are significantly different from each other ( $p < 0.05$ )

\*Type A was used as control sample

### Phytochemical Contents and Antioxidant Activity of Snack Paste Samples

It is accepted that snack products have rich phenolic content and make the substantially contribution to their antioxidant activity. Therefore, determination of phenolic and antioxidant content in a snack product is important for such studies. The results of antioxidant activity of snack paste samples are

shown in Table 4. It can be seen that the total phenolic contents of snack paste samples were 0.047, 0.045 and 0.047 mg GAE/g, respectively. It can be seen that the total flavonoid contents of snack paste samples were 0.026, 0.025 and 0.020 mg RE/g, respectively. This is because flavonoids are the subgroup of phenolics. Singh et al. (2022) stated that plant-based food products are a source of polyphenols and flavonoids with antioxidant

and nutritional properties. It can be seen that the ascorbic acid contents of snack paste samples were 78.46, 72.12 and 64.81 mg/L, respectively. Vitamin C is an excellent antioxidant that actively fights free radicals to delay the onset of aging. The addition of vitamin C to bars may be responsible for the rise in antioxidant activity (Silva et al., 2016). It can be seen that the DPPH inhibition of snack paste samples were 33.10%, 28.36% and 32.67%, respectively. As shown in Table 4, it can be seen that reducing power of snack paste samples were 1.195, 0.739 and 1.332, respectively. The electron donating ability of the substance, which is an important mechanism for antioxidant activity, is demonstrated by the reduction of Fe<sup>3+</sup> ions (FRAP). The idea that a high absorbance value indicates a high reducing capacity is widely accepted. The results were compared with standards for BHA, BHT, α-tocopherol, and ascorbic acid (Table 5). In order to determine their capacity to reduce Fe<sup>3+</sup>, snack pastes were examined at normal quantities. Since the

standards were used at the microgram level, reducing power values of snack samples were rather higher than standards. It can be seen that the total antioxidant capacity (phosphomolybdenum assay) of snack paste samples was 0.10, 0.03 and 0.14 µg/TE g, respectively. While the difference between total phenolic content among snack paste samples was statistically insignificant (*P* >0.05); For other antioxidant analyses, the difference between the samples was statistically significant (*P* <0.05) (Table 4). Abdel-salam et al. (2022) reported that the nutrition bars in their study indicated higher antioxidant activity since the antioxidant activity of ingredients used in preparation of these bars. Singh et al. (2022) said that inhibiting oxidative chain reactions and free radicals in tissues and membranes, which protects the organism from tissue damage, is one important function of antioxidants. Our findings suggested that antioxidant components of snack pastes might be effective in reducing the negative effects of free radicals.

Table 4. Phytochemical contents and antioxidant activity analysis results of different snack paste samples

| Samples | Analysis                   |                            |                           |                         |                         |                                                                 |
|---------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|         | Total phenolics (mg GAE/g) | Total flavonoids (mg RE/g) | Ascorbic acid (mg/L)      | DPPH Inhibition (%)     | FRAP (abs.)             | Phosphomolybdenum assay (total antioxidant capacity; (µg/TE g)) |
| A*      | 0.047±0.00 <sup>a</sup>    | 0.026±0.00 <sup>a</sup>    | 78.46±0.58 <sup>a</sup>   | 33.10±0.50 <sup>a</sup> | 1.195±0.07 <sup>b</sup> | 0.10±0.02 <sup>b</sup>                                          |
| B       | 0.045±0.00 <sup>a</sup>    | 0.025±0.00 <sup>a</sup>    | 72.12±10.16 <sup>ab</sup> | 28.36±1.21 <sup>b</sup> | 0.739±0.01 <sup>c</sup> | 0.03±0.00 <sup>c</sup>                                          |
| C       | 0.047±0.00 <sup>a</sup>    | 0.020±0.00 <sup>b</sup>    | 64.81±4.16 <sup>b</sup>   | 32.67±0.28 <sup>a</sup> | 1.332±0.04 <sup>a</sup> | 0.14±0.00 <sup>a</sup>                                          |

Values followed by different superscripted letter within the same column are significantly different from each other (*p*<0.05)

\*Type A was used as control sample

Table 5. Standarts used for FRAP (Ucan Turkmen et al., 2020).

| Analysis | Standards     | Concentrations         |                         |                        |                        |                        |
|----------|---------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|          |               | 20 µg/mL               | 50 µg/mL                | 100 µg/mL              | 200 µg/mL              | 400 µg/mL              |
| FRAP     | BHT           | 0.07±0.00 <sup>e</sup> | 0.09±0.00 <sup>d</sup>  | 0.14±0.00 <sup>c</sup> | 0.33±0.02 <sup>b</sup> | 0.45±0.01 <sup>a</sup> |
|          | BHA           | 0.22±0.01 <sup>d</sup> | 0.24±0.01 <sup>cd</sup> | 0.25±0.02 <sup>c</sup> | 0.32±0.03 <sup>b</sup> | 0.51±0.01 <sup>a</sup> |
|          | α-tocopherol  | 0.13±0.00 <sup>e</sup> | 0.15±0.00 <sup>d</sup>  | 0.16±0.01 <sup>c</sup> | 0.20±0.01 <sup>b</sup> | 0.29±0.01 <sup>a</sup> |
|          | Ascorbic acid | 0.12±0.00 <sup>e</sup> | 0.13±0.00 <sup>d</sup>  | 0.17±0.00 <sup>c</sup> | 0.25±0.00 <sup>b</sup> | 0.37±0.00 <sup>a</sup> |

(The data shown are the mean values of n=3. The difference between the values expressed with different symbols (a-e;a-d) in the same lines in the graph was significant (*p*<0.05)).

### Sensory Evaluation

The snack pastes showed sensory rating scores in the range from worst to best: appearance (2.8–3.6), chewiness (2.4–3.2), odor (3.8–4.1), taste and aroma (3.2–4.4), and overall acceptability (3.5–4.3) as shown in Table 6. As a result of the sensory analysis performed between different snack paste samples, the difference between appearance and odor analyzes was statistically insignificant ( $P > 0.05$ ); For taste and aroma, chewiness and overall acceptability, the difference between samples was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The chewiness parameters tended to increase as the ratio of coconut oil increased. Many studies have focused the impacts of different raw materials on the sensory properties and overall acceptability of snack paste and bars. Padmashree et al. (2012) claimed that significant decrease in all the sensory

features like aroma, color, taste, texture and general acceptability occurred throughout storage. Joy et al. (2016) studied that maize and coconut can be used instead of oat and walnut in the production of granola of good quality without changing the flavor, texture and crispness of the original oat-based product. González-Calderón et al. (2021) studied on impact of the different vegetal mixtures on the nutritional, functional, and sensory attributes of snacks based on pseudocereals. They said that the use of non-traditional ingredients with high antioxidant activities revealed as a good way to make sensory acceptable food products. Abdel-Salam et al. (2022) stated that sensory acceptance of nutrition bars is related to various components like oats and dried fruit and binders like honey.

Table 6. Sensory analysis results of snack paste samples

| Samples | Analysis              |                        |                       |                        |                       |
|---------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|         | Appearance            | Chewiness              | Odor                  | Taste and Aroma        | Overall Acceptability |
| A*      | 3.5±1.12 <sup>a</sup> | 2.4±0.85 <sup>b</sup>  | 3.8±1.07 <sup>a</sup> | 4.4±0.90 <sup>a</sup>  | 4.3±0.74 <sup>a</sup> |
| B       | 2.8±1.12 <sup>a</sup> | 2.8±0.85 <sup>ab</sup> | 4.1±1.02 <sup>a</sup> | 3.2±0.92 <sup>b</sup>  | 3.5±0.74 <sup>b</sup> |
| C       | 3.6±1.09 <sup>a</sup> | 3.2±0.83 <sup>a</sup>  | 3.9±1.07 <sup>a</sup> | 3.7±0.86 <sup>ab</sup> | 4.1±0.72 <sup>a</sup> |

Values followed by different superscripted letter within the same column are significantly different from each other ( $p < 0.05$ )

\*Type A was used as control sample

### CONCLUSION

To determine the best mixture of snack paste, three different combinations of two main components were used. The effect of the use of honey and coconut oil on the antioxidant, physicochemical and sensory properties of snack pastes was evaluated. As a results of sensory evaluation, it was revealed that coconut oil can be used as alternative to honey as an ingredient when making snack paste. Honey containing snack pastes present acceptable sensorial properties like odor and appearance, similar to coconut oil containing snack pastes with higher chewiness. Considering the data obtained from this study, it was observed that snack paste including coconut oil has higher antioxidant activity. Based on this study, it has been shown that snack paste containing coconut oil can be used as an alternative to snack paste containing honey as a novel food product. Further analyses for snack

pastes supporting the antioxidant activities would provide the creation of improved less processed food products containing alternative ingredients.

### CONFLICT OF INTEREST

The author has declared no conflict of interest

### AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Both authors significantly contributed to different processes in the article. The authors read and approved the final manuscript.

### ACKNOWLEDGEMENT

The author thanks Kilis 7 Aralık University for providing laboratory facilities for this study.

### REFERENCES

Abdel-salam, F. F., Ibrahim, R. M., Ali, M. I. (2022). Formulation and Evaluation of High Energy-protein Bars as a Nutritional Supplement



- for Sports Athletics. *American Journal of Food Science and Technology*, 10(1), 53-65. DOI:10.12691/ajfst-10-1-8
- Bchir, B., Jean-François, T., Rabetafika, H. N., Blecker, C. (2018). Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars. *Food Science and Technology International*, 24(3), 198-208. DOI: 10.1177/1082013217742752
- Carandang, E. V. (2008). Health benefits of virgin coconut oil. *Indian Coconut Journal-Cochin*, 38(9), 8.
- Cemeroglu B. (2007). Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Ankara.
- Dayrit, F. M. (2015). The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 1-15. DOI 10.1007/s11746-014-2562-7
- Dikyokuş, H. (2022). Arı ürünleri ile zenginleştirilmiş karabuğday granola üretiminin yanıt yüzey yöntemiyle optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
- Ghosh, S., Sarkar, T., Pati, S., Kari, Z. A., Edinur, H. A., Chakraborty, R. (2022). Novel bioactive compounds from marine sources as a tool for functional food development. *Frontiers in Marine Science*, 9, 76. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.832957>
- González-Calderón, A. K., García-Flores, N. A., Elizondo-Rodríguez, A. S., Zavala-López, M., García-Lara, S., Ponce-García, N., Escalante-Aburto, A. (2021). Effect of the addition of different vegetal mixtures on the nutritional, functional, and sensorial properties of snacks based on pseudocereals. *Foods*, 10(10), 2271.
- Hısıl, Y. (2004). Enstrümental Gıda Analizleri-Laboratuvar Deneyleri. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Kitapları, Bornova, İzmir, Yayın No. 45, 39 pp.
- Hossain, M. L., Lim, L. Y., Hammer, K., Hettiarachchi, D., Locher, C. (2022). A Review of Commonly Used Methodologies for Assessing the Antibacterial Activity of Honey and Honey Products. *Antibiotics*, 11(7), 975. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11070975>
- Huang, D., Ou, B., Prior, R.L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal Agriculture and Food Research*; 53(6):1841-56. DOI: 10.1021/jf030723c
- Ibrahim,S.A., Fidan, H. Aljaloud, S.O. Stankov, S. Ivanov, G. (2021) Application of Date (*Phoenix dactylifera* L.) Fruit in the Composition of a Novel Snack Bar. *Foods*, 10, 918. <https://doi.org/10.3390/foods10050918>
- Joy, E. E., Aswei, B. E., Nicholas, G. M. (2016). Preparation and Evaluation of Granola—a Breakfast Cereal, Sustituted with Maize (*Zea May*) and Coconut (*Cocos Nucifera*) Blend. *International Journal of Nutrition and Food Science*, 5(1), 47.
- Kappally, S., Shirwaikar, A., Shirwaikar, A. (2015). Coconut oil—a review of potential applications. *Hygeia journal for drugs and medicines*, 7(2), 34-41. DOI: 10.15254/H.J.D.Med.7.2015.149
- Karelakis, C., Zevgitis, P., Galanopoulos, K., Mattas, K. (2019). Consumer trends and attitudes to functional foods. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 32(3), 266-294 <https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599760>
- Lima, R. D. S., Block, J. M. (2019). Coconut oil: what do we really know about it so far? *Food Quality and Safety*. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz004>
- Manguldar, F., Derya, B., Balbınar, S., Çakır, Ş., İcyer, N. C., Cayır, M., ... Şentürk, B. (2022). Vegan and gluten-free granola bar production with pumpkin. *European Food Science and Engineering*, 3(2), 52-57. <https://doi.org/10.55147/efse.1166320>
- Marina, A. M., Man, Y. C., Amin, I. (2009). Virgin coconut oil: emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 481-487 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.003>
- Munir, M., Nadeem, M., Qureshi, T. M., Qayyum, A., Suhaib, M., Zeb, F., Ashokkumar, M. (2018). Addition of oat enhanced the physico-chemical, nutritional and sensory qualities of date fruit

- based snack bars. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(4), 271-276. doi: 10.12691/jfnr-6-4-10.
- Nikhat, S., Fazil, M. (2022). History, phytochemistry, experimental pharmacology and clinical uses of honey: A comprehensive review with special reference to Unani medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114614. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114614>
- Obidoa, O., Joshua, P. E., Eze, N. J. (2010). Phytochemical analysis of *Cocos nucifera* L. *Journal of Pharmacy Research*, 3(2), 280-286.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on Product of Browning Reaction Prepared from Glucose amine. *Japan of Nutrition*, 44, 307-315 <https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.44.307>
- Padmashree, A., Sharma, G.K., Srihari, K.A., Bawa, A.S. (2012). Development of shelf stable protein rich composite cereal bar. *Journal of Food Science Technology*, 49, 335–341.
- Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B., Cano, M. P. (2003). Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 430-439. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1392>
- Shankar, P., Ahuja, S., Tracchio, A. (2013). Coconut oil: a review. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 24(5), 62-64.
- Sharm S, Vig P.A. (2013). Evaluation of In vitro Antioxidant Properties of Methanol and Aqueous Extracts of *Parkinsoniaaculeata* L. Leaves. *The Scientific World Journal*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2013/604865>
- Silva, E. P. D., Siqueira, H. H., Damiani, C., Vilas Boas, E. V. D. B. (2016). Physicochemical and sensory characteristics of snack bars added of jerivá flour (*Syagrus romanzoffiana*). *Food Science and Technology*, 36, 421-425.
- Singh, A., Kumari, A., Chauhan, A. K. (2022). Formulation and evaluation of novel functional snack bar with amaranth, rolled oat, and unripened banana peel powder. *Journal of Food Science and Technology*, 59(9), 3511-3521.
- Stanković M.S. (2011). Total Phenolic Content, Flavonoid Concentration and antioxidant Activity of *Marrubium Peregrinum* L. Extracts. *Kragujevac Journal of Science*. 33(2011):63-72.
- Uçan Türkmen, F., Mercimek Takcı, H. A., Sarıgüllü Önalın, F. E. (2020). Evaluation of Antioxidant Activity of Sour Cherry Stalk Extracts by in Vitro Methods. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 290-301.
- Yılmaz O.M. (2011). Determination of The Antioxidant Activity and Phenolic Acid Composition of Main Wheat Varieties Grown in Turkey and Enrichment of Bread with Pomegranate Husk Extract. Ph.D. Dissertation. Ankara University, Turkey, 80p.
- Zengin, G., Sarikurkcu, C., Aktumsek, A., Ceylan, R. (2014). *Sideritis galatica* Bornm.: A source of multifunctional agents for the management of oxidative damage, Alzheimer's and diabetes mellitus. *Journal of Functional Foods*, 11, 538–547. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.08.011>



## **EKŞİ MAYA VE EKŞİ MAYALI EKMEĞİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Ebubekir Yılmaz<sup>1</sup>, Zerrin Yüksel<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, Osmaniye, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bayramiç Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal Ürünler İşleme Teknolojileri Bölümü, Bayramiç, Çanakkale, Türkiye

Geliş /Received: 23.05.2023; Kabul /Accepted: 02.07.2023; Online baskı /Published online: 20.07.2023

Yılmaz, E, Yüksel, Z. (2023). Ekşi maya ve ekşi mayalı ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri. GIDA (2023) 48 (4) 750-771 doi: 10.15237/ gida.GD23062

Yılmaz, E, Yüksel, Z. (2023). *Sourdough and some technological properties of sourdough bread and its effects on health.* GIDA (2023) 48 (4) 750-771 doi: 10.15237/ gida.GD23062

### **ÖZ**

Ekmeğin, yüzyıllardır dünya çapında tüketilen en geleneksel ve en temel gıda olarak kabul edilmektedir. Günümüzde geleneksel ekmeğe olan ilginin artması ekşi mayalı ekmeğin üretimini önem kazanmasını beraberinde getirmiştir. Ekşi mayalı ekmeğin, ekşi hamurdan üretilmektedir. Ekşi hamur, kısaca, laktik asit bakterileri (LAB) ve maya tarafından fermente edilmiş un ve su karışımıdır. Son yıllarda bilim insanlarının çalışmalarının, tüketicilerin ve endüstrilerin ilgilerinin ekşi hamurun ekmeğin üzerinde besin değerini artırma, yapı ve fonksiyonel özellikleri geliştirme, raf ömrünü uzatma gibi konular üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca sağlık üzerine olumlu etkileri ile gündemde olan ekşi maya ekmeğin tüketiminin popülaritesinin artması, ekşi maya pazarının büyümesini de beraberinde getirmektedir. Bu derlemede ekşi maya ve çeşitleri, ekşi maya ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri detaylı ve güncel literatür taramaları ile bir araya getirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ekşi maya, ekşi mayalı ekmeğin, laktik asit bakterileri

## **SOURDOUGH AND SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SOURDOUGH BREAD AND ITS EFFECTS ON HEALTH**

### **ABSTRACT**

Bread has been considered the most traditional and basic food consumed worldwide for centuries. Nowadays the increasing interest in traditional breads has brought sourdough bread production to gain importance. Sourdough bread is produced from sourdough. Sourdough, in short, is a mixture of flour and water fermented by lactic acid bacteria (LAB) and yeast. In recent years, it has been observed that the studies of scientists, consumers and industries have focused on issues such as increasing the nutritional value of sourdough on bread, improving its structure and functional properties, and extending its shelf life. In addition, the increasing popularity of sourdough bread consumption, which is on the agenda with its positive effects on health, brings along the growth of the sourdough market. In this review, sourdough and its types, some technological properties of sourdough bread and their effects on health are brought together with detailed and current literature reviews.

**Keywords:** Sourdough, sourdough bread, lactic acid bacteria

\* Sorumlu yazar /corresponding author:

✉: zyuksel@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 773 2512

☎: (+90) 286 773 2513

Ebubekir Yılmaz; ORCID no: 0000-0003-3770-2332

Zerrin Yüksel; ORCID no: 0000-0001-6817-7847

## GİRİŞ

EkmeK, insan beslenmesinde yer alan en eski bileşen ve günümüzde de dünya çapında tüketilen en popüler gıdalardan biri olup (Canesin ve Cazarin, 2021; Arzani, 2021) un, maya, tuz ve suyun belli oranlarda karıştırılıp yoğurulması, fermente edilmesi ve pişirilmesi ile elde edilmektedir (Anonymous, 2012; Özkaya, 2019; Badem, 2021). Birçok Batı Avrupa ülkesinde karbonhidrat ihtiyacının %50'si, protein ihtiyacının %30'u, B grubu vitaminlerinin %50'sinden fazlası, E vitamini ihtiyacının %75'i ekmeKten sağlanmakta ve ekmeK, tüm dünyada en önemli gıda maddesi olma özelliğini sürdürmektedir. Ülkemizin bir tahıl ülkesi olması, beslenme alışkanlıkları ve sosyoekonomik yapı nedeniyle, ekmeğin ülkemiz insanının beslenmesindeki önemi daha da fazladır. Kişi başına yaklaşık 400 g ekmeK tüketimi ile Türkiye, dünyada en fazla ekmeK tüketen ülkelerden birisidir (Özkaya, 2019; Badem, 2021). Diğer yandan son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmesi, değişen ve gelişen damak tatları, sosyal yaşamın getirdiği zorunluklar gibi nedenlerle iyi dengelenmiş bir beslenme profiline ve sağlığı iyileştiren özelliklere sahip, kaliteli, hijyenik koşullarda ve mevzuata uygun olarak üretilmiş geleneksel ekmeKlere olan ilgi artış göstermektedir. Bu artan ilgiyle birlikte ekşi mayalı ekmeK üretimi tekrar önem kazanmaya başlamıştır (Gül vd., 2021; Catzeddu, 2021).

EkmeK ve bazı unlu mamullerin üretiminde, ürünlerin istenilen kalitede olmasını sağlamak için fermantasyon çok önemli bir adım olarak yer almaktadır. Buğday hamurunun fermantasyonu temel olarak *Saccharomyces cerevisiae* (ticari maya) veya laktik asit bakterileri (ekşi maya) veya her ikisinin aktivitesine dayanmaktadır. Hem maya fermantasyonu hem de ekşi maya fermantasyonu sırasında enzimatik aktivitenin yanı sıra asit oluşumu da görülmektedir (Hajnal vd., 2021).

Ekşi mayalı ekmeK, binlerce yıldır dünya çapında insanların tükettiği fermente bir gıdadır. Dünyanın dört bir yanındaki fırıncılar arasında muhafaza edilen ve paylaşılan ekşi maya "starter kültür"den üretilmektedir. Starter kültür, undaki karbonhidratları fermente eden ve ekmeK

hamurunun pişirme işleminden önce kabarmasını sağlayan karbondioksit üreten maya ve bakterilerden oluşan mikroorganizma topluluğudur (Landis vd., 2021).

Ekşi mayalı ekmeK terimi, ekşi maya ile mayalanmış ekmeği ifade etmektedir. Ekşi maya, kendiliğinden gelişebilen veya seçilen starter kültürler ile aşılabilen LAB ve mayalarla fermente edilmiş un ve su karışımıdır (Abedfar vd., 2018; Canesin ve Cazarin, 2021; Catzeddu, 2021; Gül vd., 2021). Spontane (geleneksel) ekşi maya, bilinen en eski ekmeK mayalama maddesidir ve hamur karışımı birkaç saat oda sıcaklığında bekletilir. Hamurda endojen mikroorganizmalar tarafından fermantasyon meydana gelir ve hamurun özelliklerini etkileyen metabolitler üretilir. Hamura yeni un ve suyun eklenmesi, geri döndürme (backslopping) olarak bilinir, mayalar ve LAB'den oluşan bileşik bir ekosistemin gelişmesine olanak vererek hamura tipik ekşi tadını vermektedir. Ekşi maya elde etmek için ticari olarak temin edilebilen starter kültürler un ve su karışımına eklenebilir. Mayalar ağırlıklı olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üretiminden sorumluyken, LAB esas olarak laktik asit, asetik asit veya her ikisinin üretiminden sorumludur; her ikisi de ekmeğin aromatik öncü bileşiklerini üretir. Ayrıca, hamurun teknolojik performansı ve ekmeğin besinsel özellikleri, aroma profili, raf ömrü ve genel nitelikleri ekşi hamur mikroorganizmalarının metabolik aktivitesinden büyük ölçüde etkilenir (Catzeddu, 2021).

Ekşi maya, ekmeK üretiminde kullanılıyor olsa da ekmeK yapım sürecinde getirdiği zorluklar nedeniyle ticari ekmeK mayasının kullanımı çok daha yaygındır. Ticari mayanın ekmeK hamurunda güvenilir ve hızlı fermantasyon gerçekleştirmesi ile hem küçük üretici hem de endüstriyel fırınların gereksinimleri kolayca karşılanmaktadır. Ticari mayalı ekmeK ile ekşi mayalı ekmeK arasında birçok duyuşal, besleyici ve fiziksel farklılık vardır; örneğin, ekşi mayalı ekmeKler, ticari mayalı ekmeğe kıyasla genellikle daha yoğun bir tat, asidik bir tat, daha yüksek iç kısım yoğunluğu ve daha uzun raf ömrü sergilemektedir. Ekşi maya ekmeği ayrıca, özellikleri çok sayıda bilimsel çalışmada ayrıntılı olarak sunulan daha düşük bir glisemik

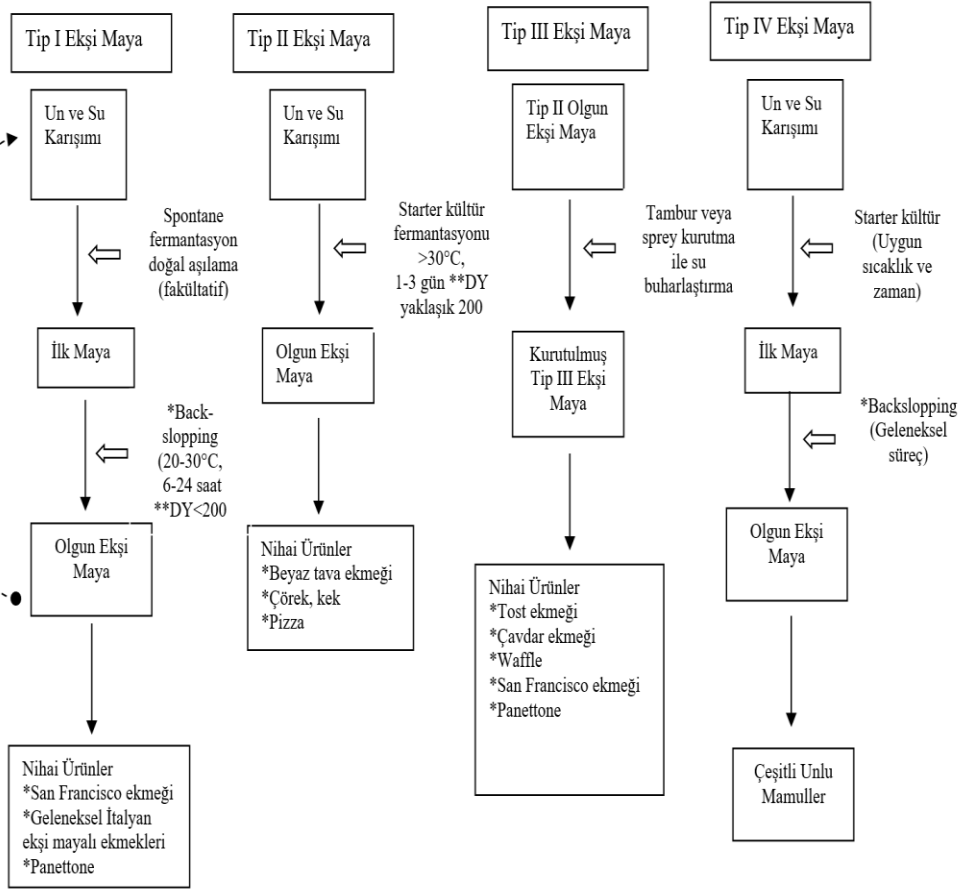
indeks (GI) ve daha yüksek mineral biyoyararlanımına sahip üstün besleyici özellikleri taşımaktadır (Gobbetti vd., 2019; Abedfar vd., 2018; Menezes vd., 2019; Sakandar vd., 2019; Canesin ve Cazerin, 2021).

Ekşi mayalı ekmeklerin daha fazla tercih edilme nedenleri arasında; ekşi mayanın hamurun teknolojik özelliklerini iyileştirmesi, bayatlamayı ve mikrobiyolojik bozulmayı geciktirerek ekmeğin raf ömrünü uzatması, hacim ve tekstür gibi

karakteristikleri ile besin değeri üzerinde iyileştirici etkide bulunması, tat ve aromayı geliştirmesi gibi çeşitli avantajlar yer almaktadır (Mantzourani vd., 2019; Canesin ve Cazarin, 2021; Gül vd., 2021).

### EKŞİ MAYA ÇEŞİTLERİ

Ekşi maya dört tip olup uygulanan teknolojiye göre sınıflandırılan tip I, tip II, tip III ve tip IV ekşi maya çeşitleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Üretimlerinde uygulanan teknolojiye göre sınıflandırılan ekşi maya çeşitleri (Papadimitrou vd., 2019).

Tip I ekşi maya mikroorganizmaların spontane gelişimi ile; tip II ekşi maya starter kültür kullanılarak; tip III ekşi maya, tip II ekşi mayanın kurutulması ile; tip IV ekşi maya starter kültür ile başlatılıp sonrasında geleneksel yöntemle devam ettirilen çeşitlerdir.

\*Back-slopping: Geleneksel yöntemle ekşi mayanın olgunlaşması ve korunması için beslenme işlemi,

\*\* DY: Dough Yield; Hamur verimliliği: hamurdaki su oranı + 100 olarak hesaplanmaktadır.

**Tip I Ekşi Maya**

Tip I ekşi mayalar geleneksel yöntemle (Corsetti ve Setanni, 2007; Yıldız, 2020) spontane olarak su ve un karışımından üretilmekte olup ayrıca üretimde mikroorganizma kaynağı olarak meyve, yoğurt gibi çeşitli gıdalar da kullanılabilir. Spontane olarak gelişen bu mikroorganizmaları aktif olarak tutmak için günlük olarak beslenmesi (tazelenmesi) gerekmektedir. Bu besleme işlemi “backslopping” olarak isimlendirilmektedir ve en azından günde bir kez olmak üzere 5 ile 10 kez tekrarlanması gerekmektedir (Siepmann vd., 2018; Papadimitriou vd., 2019; Dinç, 2019).

**Tip II Ekşi Maya**

Tip II ekşi maya endüstriyel olarak üretilen ekşi mayalardır (Yıldız, 2020). Genellikle Tip II ekşi mayalar, uzun fermantasyon süreleri (2-5 gün) ile hamurda asitleşmeyi gerçekleştiren ve bazı durumlarda süreci hızlandırmak için 30°C’den yüksek sıcaklıklarda fermente edilerek üretilen yarı sıvı halde bulunan kültürlerdir. Tip II ekşi mayalara Tip I’den farklı olarak kabartma işlevi görmesi için *Saccharomyces cerevisiae* ilavesi yapılmaktadır (Corsetti ve Setanni, 2007; Rolland vd., 2010; De Vuyst vd., 2016; Siepmann vd., 2018; Papadimitriou vd., 2019).

**Tip III Ekşi Maya**

Tip III ekşi maya, tip II ekşi mayanın stabilize edilmiş formunun kurutulmasıyla üretilir. Farklı kurutma yöntemleri kullanılarak elde edilen bu ekşi maya daha çok nihai ürünün yapısını ve aromasını geliştirmek için tercih edilmektedir. Tip II ekşi mayada olduğu gibi bu çeşitte de kabartma işleminin sağlıklı gerçekleşmesi için ticari maya ilavesi gerçekleştirilmektedir (Siepmann vd., 2018; Papadimitriou vd., 2019).

**Tip IV Ekşi Maya**

Tip IV ekşi maya, tip III maya gibi, tip I ve tip II ekşi mayalardan elde edilmektedir (Siepmann vd., 2019; Calvert vd., 2021). Tip IV ekşi mayalar bazı kaynaklarda Tip III olarak nitelendirilmektedir (De Vuyst vd., 2017). Buna karşın tip III ekşi mayadan farklı olarak tip IV ekşi maya, tip I ve tip II ekşi mayaların karıştırılmasıyla veya tip I ya da tip II ekşi mayalara bal, meyve gibi yardımcı

maddelerin eklenmesiyle elde edilmektedir (Siepmann vd., 2018).

**EKŞİ MAYA ÇEŞİTLERİNDE MİKROBİYOTA**

LAB ekşi hamur mikrobiyotasında *Lactobacillus* cinsi baskın olmak üzere, *Weissella*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus* ve *Streptococcus* cinsi bakteriler yer almaktadır (De Vuyst ve Neysens 2005; Huys vd., 2013).

Ekşi maya mikrobiyotası ekşi mayanın tipine, fermantasyon sıcaklığına, ekşi maya oluştururken kullanılan malzeme veya suşların çeşitlerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak, tip I ekşi mayanın mikrobiyel bileşimi büyük tür çeşitliliği göstermektedir. Çizelge 1.’de farklı tip olgun ekşi mayalarda mevcut karakteristik LAB ve maya mikrobiyotası verilmiştir.

**EKŞİ MAYALI EKMEĞİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Ekmeğin temel bir gıda ürünü olarak ekonomik ve sosyal değeri, üretim sonrası kalitesinin optimize edilmesi ve raf ömrünün uzatılması, tadının ve dokusal özelliklerinin korunması ve geliştirilmesi ve mikrobiyel bozulmanın geciktirilmesi gibi konular güncelliğini korumaya devam eden konulardır. Tüketicilerin ekmekte lezzet, tazelik, doğallık ve yüksek kalite beklentilerinin olması da fırıncılık endüstrisinde bu konuyla ilgili endişe oluşturmaktadır (Dong ve Karboune, 2021).

Ekşi mayalı ekmeK benzersiz duyuşal ve tat profili özellikleriyle birleşen otantik ve rustik görünümünü nedeniyle her zaman büyük övgü almıştır. Organoleptik özellikler, geliştirilmiş aroma bileşikleri ve ekmeK dokusu daha iyi bir ürün oluşumuna yol açmakta, LAB fermantasyonundan kaynaklanan asidik ortam, ekmeğe daha uzun bir raf ömrü sağlamaktadır (Lau vd., 2021). Aynı zamanda ekşi hamurda LAB tarafından laktik ve asetik asit üretimi, gluten parçalanmasına ve nişastanın orta derecede hidrolizine yol açarak pH’nın düşmesine neden olur (Ma vd., 2021). Ekşi mayalı ekmekte LAB tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ise ekmeK hamurunun viskoelastik özelliklerini geliştirmektedir (Pejcz vd., 2017).

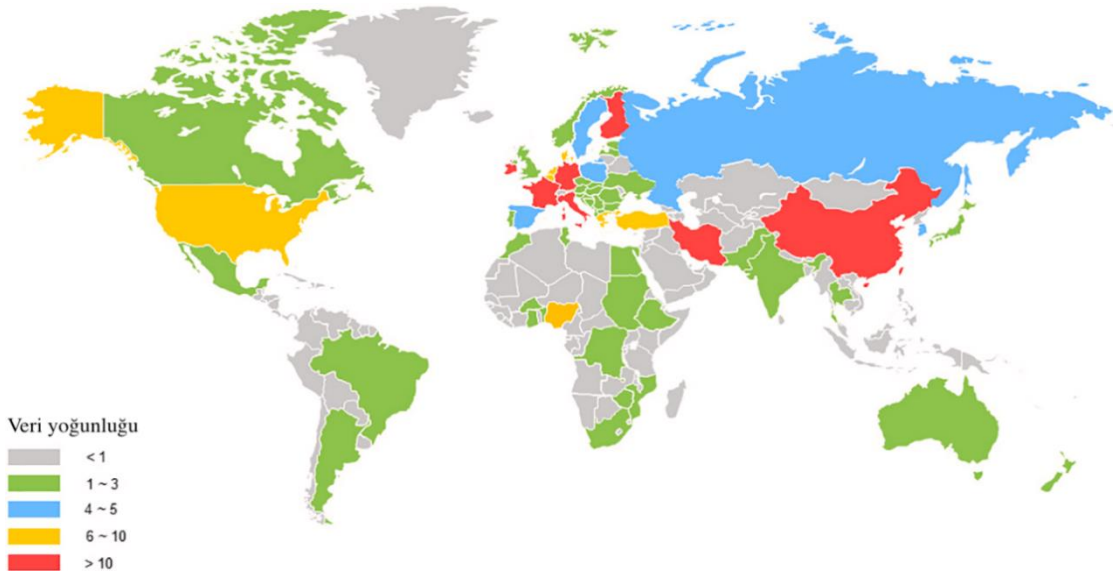
Çizelge 1. Ekşi Maya Türlerinde LAB ve Maya Mikrobiyotası (Papadimitriou vd., 2019; Sakandar vd., 2019)

| Tip I Ekşi Maya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tip II Ekşi Maya                                                                                                                                                                                                                                                                           | Tip III Ekşi Maya                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Laktik Asit Bakterileri</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  |
| Zorunlu Heterofermentatif<br><i>Lactobacillus sanfranciscensis</i><br><i>Lactobacillus brevis</i><br><i>Lactobacillus fermentum</i><br><i>Lactobacillus reuteri</i><br><i>Lactobacillus pontis</i><br><i>Lactobacillus rossiae</i><br><i>Lactobacillus acidifarinae</i><br><i>Lactobacillus buchneri</i><br><i>Lactobacillus fructivorans</i><br><i>Lactobacillus hilgardii</i><br><i>Lactobacillus siliginis</i><br><i>Lactobacillus spicheri</i><br><i>Lactobacillus zymae</i> | Zorunlu Heterofermentatif<br><i>Lactobacillus sanfranciscensis</i><br><i>Lactobacillus brevis</i><br><i>Lactobacillus fermentum</i><br><i>Lactobacillus reuteri</i><br><i>Lactobacillus pontis</i><br><i>Lactobacillus panis</i><br><i>Lactobacillus frumenti</i><br><i>Weissella spp.</i> | Zorunlu Heterofermentatif<br><i>Lactobacillus brevis</i>                                         |
| Fakültatif Heterofermentatif<br><i>Lactobacillus alimentarius</i><br><i>Lactobacillus paralimentarius</i><br><i>Lactobacillus plantarum</i><br><i>Lactobacillus casei</i><br><i>Lactobacillus pentosus</i>                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Fakültatif Heterofermentatif<br><i>Pediococcus pentosaceus</i><br><i>Lactobacillus plantarum</i> |
| Zorunlu Homofermentatif<br><i>Lactobacillus amylovorus</i><br><i>Lactobacillus delbrueckii</i><br><i>Lactobacillus mindensis</i><br><i>Lactobacillus amylolyticus</i><br><i>Lactobacillus crispatus</i>                                                                                                                                                                                                                                                                          | Zorunlu Homofermentatif<br><i>Lactobacillus acidophilus</i><br><i>Lactobacillus johnsonii</i><br><i>Lactobacillus farciminis</i><br><i>Lactobacillus amylovorus</i> (çavdar)                                                                                                               |                                                                                                  |
| <b>Mayalar</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i><br><i>Kazachstania exigua</i><br><i>Candida humilis</i> (Kazachstania<br><i>humilis</i> olarak yeniden<br>sınıflandırılmış)<br><i>Pichia kudriavzevii</i><br><i>Torulopsispora delbrueckii</i><br><i>Wickerhamomyces anomalus</i>                                                                                                                                                                                                                | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (eklenmiş)                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (eklenmiş)                                                       |

Ekşi maya fermantasyonunda nişastanın parçalanması sonucu LAB profiline bağlı olarak farklı şekerler açığa çıkmaktadır. Homofermantatif fermantasyon ile monosakkaritler (glukoz ve fruktoz), maltoz/sakkaroz, izomaltoz ve dekstrinler; heterofermantatif fermantasyon sonucu ise maltoz/sakkaroz, izomaltoz ve dekstrin şekerleri tespit edilmiştir (Ma vd., 2021).

Günümüzde hızlı fermantasyon imkânı nedeniyle ticari maya kullanılmasına rağmen dünya

çapındaki eğilimler, hamur hazırlama teknolojisi ile birlikte ekmeK üretiminde ekşi maya kullanımına doğru yönelmektedir (BobeA vd., 2022). Şekil 2'de 1991 ile 2021 yılları arasında dünya çapında ekşi maya kullanımına ilişkin veriler görülmektedir. Şekil 2'den görüldüğü üzere ekşi maya kullanımında uzun yıllara dayanan deneyimlerimiz ve kültürel miraslarımız nedeniyle ülkemizin ekşi mayalı unlu ürünlerde avantaja sahip olduğu görülmektedir (Ma vd., 2021).



Şekil 2. 1991-2021 yılları arasında dünya çapında ekşi maya kullanımına ilişkin veriler (Ma vd., 2021).

Ekşi maya fermantasyonundan yapılan ekmeK, geleneksel ticari maya ile yapılan ekmeğe kıyasla daha iyi genel duysal özelliklerin yanı sıra sindirilebilirlik ve beslenme özellikleri avantajına sahiptir (BobeA vd., 2022). Ekşi maya uygulaması, yüksek kaliteli ekmeK üretimi için önemli bir araç olarak kabul edilir. Ekşi mayanın ekmeK yapımında kullanılmasıyla, raf ömrünün artması, aromatik profillerin ve duysal özelliklerin artması, besin değerinin artması ve sağlık yararları gibi çeşitli avantajlar sunulmuştur. Ekşi mayanın glutensiz ekmeKlerde başarılı bir şekilde uygulanması gibi teknolojik faydalar da kaydedilmiştir (Plessas, 2021).

Ekşi mayalı ekmeKler diğer ekmeKlere göre daha fazla hacme, karakteristik aromaya, iyi dokuya, uzun raf ömrüne, düşük gluten içeriğine ve düşük glisemik indekse sahiptir. Ekşi mayalı ekmeKte oluşan ekzopolisakkaritler ve antifungal bileşikler nedeniyle koruyucu madde kullanımına gerek kalmamaktadır. Böylece tüketicilerin talep ettiği doğal ürün elde edilmektedir. Ayrıca ekşi mayalı ekmeKlerde prebiyotik içeriğin arttığı da bilinmektedir. Ekşi mayalı ekmeK, normal ekmeKlere göre hem fizikokimyasal özellikler hem de besin değeri açısından zengindir (Kezer, 2022). Zahra vd., (2022) tarafından yapılan araştırmada ekmeK hamurunda *Lactobacillus brevis* E120



kullanımının ekmekte duysal nitelikleri, *Lactobacillus acidophilus* ATC4356 kullanımının ise ekşi mayalı ekmeğin besin değerlerini artırdığı belirlenmiştir.

Ekşi maya fermentasyonu süresince LAB, ekmeğin tekstürünü geliştirecek ve bayatlamasını geciktirecek yönde etkisi olan ekzopolisakaritler, organik asitler, enzimler gibi çok sayıda metabolitler üretmektedirler. Üretilen bu ekzopolisakaritler çok daha pahalı bir ekmeğe katkı maddesi olan hidrokolloidlerin yerine kullanılabilir. Günümüzde ekşi mayanın başlıca kullanım amaçları; organoleptik özelliklerin geliştirilmesi ve katkı maddelerine olan gereksinimi en aza indirgeyebilmesidir (Ganzle ve Ripari, 2016; Pejcz vd., 2017; Gül vd., 2021; Kezer, 2022). Ekmeğe yapımında ekşi maya teknolojisinin incelendiği çalışmalarda; ekşi mayanın ekmeğe yapımında kullanılmasının ekmeğin, duysal, besinsel, ekmeğe hacmi, ekmeğe iç yapısı ve depolama özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (Bolourian vd., 2010; Bartkiene vd., 2018; Chen vd., 2018; Sakandar vd., 2019; Gül vd., 2021).

### **Ekşi Mayanın Raf Ömrü Üzerine Etkisi**

Ekmeğe, bazı küflerin ve bakterilerin gelişmesi için oldukça uygun bir gıdadır. Özellikle ekmeğe en sık görülen mikrobiyel bozulma küflenmedir (Özkaya, 2019). Propiyonatlar gibi ekmeğe endüstrisinde kullanılan çok sayıda antifungal kimyasal vardır ve bu kimyasallar hem tüketicilerin çoğu tarafından istenmemekte hem de üretim maliyetini arttırmaktadır. İkincisi, ekmeğe daha kısa raf ömrü ve bayatlama nedeniyle büyük miktarlarda bozulmakta ve bu da özellikle gelişmiş ülkelerde fırıncılık endüstrilerini olumsuz etkilemektedir (Sakandar vd., 2019). Unlu mamullerin bozulmalarını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için mikroorganizmaların ve/veya metabolitlerinin kullanımı gibi doğal koruma yöntemleri giderek daha fazla uygulanmaktadır (Omedi vd., 2019). Ekşi mayalı ekmeğe, ticari mayalı ekmeğe kıyasla daha uzun raf ömrüne sahiptir ve bu da üretimde kimyasal koruyucular ve bayatlamayı önleyici maddeler kullanılmadığından fırıncılık endüstrisinin maliyetlerini azaltmaktadır (Sakandar vd., 2019).

Günümüzde tuz tüketimi başta kardiyovasküler rahatsızlıklar olmakla birlikte sağlık açısından birçok konu ile doğrudan ya da dolaylı biçimde ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle batı diyetinin mevcut olduğu gelişmiş ülkelerde, temel gıda maddesi olan ekmeğe içeriğindeki tuz miktarı azaltılmaya çalışılmaktadır. Tuzun azaltılmasıyla birlikte ekmeğe tuzsuz bir tat ve kısalmış raf ömrü olmak üzere iki ana sorun ortaya çıkmaktadır (Belz vd., 2019). Belz vd., (2019) tarafından yapılan çalışmada *Lactobacillus amylovorus* DSM19280 ve *Weissella cibaria* MG1 suşları ile hazırlanan ekşi mayadan üretilen daha az tuz içeren ekmeğin lezzetinin standart olarak üretilen tuzlu ekmeğe yakın olduğu, raf ömrünün uzadığı ve ekmeğe kalite özelliklerinin arttığı belirtilmiştir.

Bartkiene vd., (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise kızılıktan film oluşturularak kaplanan ekşi mayalı ekmeğin ekşi maya içeriğindeki bazı LAB sayesinde ekmeğin kalite özelliklerinde artış gözlemlendiği ve ekmeğeki akrilamid içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Benzer şekilde elmadan elde edilen bir kaplama film ve bazı LAB suşlarının kullanılarak ekmeğin raf ömrünün uzadığı gözlemlenmiş ve kaplama film ile LAB suşlarının ekmeğe antifungal aktivite gerçekleştirdiği saptanmıştır (Bartkiene vd., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada ekşi mayadan izole edilen *Pediococcus pentosaceus*'un *Aspergillus flavus*'a karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu, ekşi mayanın biyokoruyucu özellik gösterdiği saptanmıştır (Jin vd., 2021).

Bolourian vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada, somun ekmeğe (baget) kalitesini arttırmak için *Lactobacillus plantarum* kullanılarak ekşi maya üretilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda ekşi maya eklenen örnekler arasında en fazla ekşi maya içeren ekmeğin (%15) depolama sırasında bayatlama ve kalite değişikliğinin diğer örneklerle göre daha az olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada hamur formülasyonunda ekşi maya konsantrasyonu arttıkça ekmeğe asitliğinin de arttığı belirlenmiştir. Chen vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada Çin'in geleneksel buharda pişirilen ekmeğinin üretiminde ekşi maya

kullanımının, bayatlamayı geciktirme özelliği ile ürünün raf ömrünü uzattığı, ekmek kalitesini ve duyuşal özelliklerini artırdığı saptanmıştır. Debonne vd., (2018) tarafından yapılan araştırmada da ekşi maya ilavesinin ekmek raf ömrü ve kalitesini uzatabileceği ortaya konulmuştur.

### Ekşi Mayanın Uçucu Bileşikler Üzerine Etkisi

Warburton vd., (2022) tarafından yapılan araştırmada ekşi maya kültürlerinde mevcut LAB türlerinin ve fermantasyon aktivitesinin ekmekte uçucu organik bileşikler üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır. Yapılan araştırmada yüksek maya aktivitesi ile homofermentatif ya da fakültatif heterofermentatif LAB'nin etanol, feniletil alkol, 3 metil bütanol, 2 metil 1 propanol, asetaldehit 2-3 butanediol uçucu bileşikler ile ilişkili olduğu,

heterofermentatif bakterilerin ise asetik asit ve asetat esterleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Zhou vd., (2022) tarafından yapılan çalışmada ise *Weisella* ve *Leuconostoc* türü LAB ile fenil etil alkol, metil salisilat, oct-1-en-3-ol uçucu bileşikler arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır. Aynı çalışmada *Pediococcus* ve *Lactobasillus* türlerinin ile 1-heptanol ve asetik asit gibi uçucu bileşikler ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Jin vd., (2021) tarafından yapılan çalışmada *Pediococcus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisiae* ile fermente edilen ekşi mayalı ekmeklerde 10 aldehit, 11 alkol, 1 fenol, 3 keton, 1 asit, 1 furan ve 7 ester olmak üzere toplam 34 uçucu bileşik olduğu belirlenmiştir. Çizelge 2'de yapılan çalışmalarda ekşi mayalı ekmeklerde saptanan uçucu bileşikler verilmiştir.

Çizelge 2. Ekşi Mayalı Ekmekte Uçucu Bileşikler

| Tip        | Uçucu Bileşikler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Kaynak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alkoller   | 2-etil-1-heksanol, etanol, metilpropanol, bütanol, pentanol, propanol, heksanol, 2-butanol(tr), 1-heksanol, 2- heksanol, 3- metilbütanol, (E)-2-heksanol, heptanol, oktanol (tr), 1- pentanol, 1-heptanol, 2-metilpentanol, 2-propen-1-ol, 2- metilbütanol, 1-okten-3-ol, 1-nonanol, 2 furanmetanol, 1,4- butandiol, 1-oktanol, feniletil alkol , 3-metil-1-propanol, 2- metil-1-propanol, 3-metil-1-bütanol, benzil alkol, feniletil alkol, (E)-3,7-dimetil-2,6-oktadien-1-ol (izogeraniol), 2-metoksi-4- vinilfenol, izobütül alkol, izoamil alkol,1-bütanol, , 1-oktanol, 2- heptanol, 4nonenol-4-metil, 2-fenil etanol, 1-butanol-3-metil, 1-dekanol,2-etil, 2-nonen-1-ol, 3-pentanol,2,4-dimetil, non-2- en-1-ol, 2-undekanol, 3-nonen-1-ol, 3-metil-3-buten-1-ol, 3- metiltio-1-propanol, 5-metil-2-(1-metiletil)-sikloheksanol, Z-4- dodesenol, levomentol, 2,3-butandiol, 2-butül-1-oktanol, feniletanol, 1-penten-3-ol, 2-metil-1-butanol, 3-metil-1- butanol, (Z)-2-penten-1-ol, 2-bütoksi-etanol, 2-oktanol, 6- metil-5-hepten-2-ol, 4-hepten-1-ol, 1,2-propanediol, (E)-2- hepten-1-ol, (E)-2-okten-1-ol, (Z)-3-nonen-1-ol, $\alpha$ -terpineol, metionol, (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol, (Z)-3-deken-1-ol, (Z)-4- deken-1-ol, 1-(2-butoksietoksi)-etanol, 2,4-dekadien-1-ol, siklobutanol, 2-feniletil alkol | Fang vd., (2023); Hansen ve Schiberle (2005); Petel vd., (2016); Seed vd., (2017); Zhang vd., (2016); Jin vd., (2021); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2011); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020) |
| Aldehitler | hekzanal, (E)-2-heptenal, asetaldehit, benzaldehit, nonanal, hekzanal, (E)-2-oktenal, (E)-2-nonenal, oktanal, dekanal, 3- metilbutanal, trans, trans-2,4- dekadienal, fenilasetaldehit, 2- furaldehit, pentanal, izovaleraldehit, 3-metil-propanal, benzenasetaldehit, heptanal, butanal-3-metil, 2-nonanal, heksadekanal, (E,E)-2,4-dekadienal, süksindialdehit, 2- oktenal, 2-metil-propanal, 2-metil-butanal, 2-butenal, (E- E)-2,4-heptadienal, (E,E)-2,4-nonadienal, 2-metilpropanal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fang vd., (2023); Petel vd., (2016); Zhang vd., (2019); Jin vd., (2021); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)                                                                    |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ketonlar                | 3-okten-2-on, 2,3-pentanedion, 3-metil-2-bütanon, 1-okten-3-on, butirolakton, 2-oktaton, 6-metil-5-hepten-2-on, (E)-3-okten-2-on, dihidro-5-pentil-2(3H)-furan,asetoin, geranilaseton, 2-butanon,2,3-butandion, 2-heptaton, 2-oktaton, asetoin, (E,E)-3,5-oktadien-2-on                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fang vd., (2023); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Liu vd., (2018); Kirchhoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Warburton vd., (2022)                                                                                                                                                                                                                    |
| Asitler                 | izobütirik asit, oktanoat, bütanoik asit, formik asit, pentanoik asit, heptanoik asit, laktik asit, benzoik asit, hekzanoik asit, valerik asit, kaprilik asit, laurik asit, dekanolik asit, nonanoik asit, asetik asit, 3-metilbutanoik asit, oktanoik asit, heksanoik asit, 2-metilpropanoik asit, oksalik asit, 2-(aminoksi)-propanoik asit, 2-(aminoksi)-bütanoik asit, malik asit, 4-hidroksibütirik asit, 3-fenillaktik asit, butanoik asit, 2-3-metil-butanoik asit, 2-etil-heksanoik asit, heksanoik asit, 2-metil-propanoik asit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | De Vuyst vd., (2017); Fang vd., (2023); Petel vd., (2016); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchhoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)                                                                                                                                           |
| Esterler                | etil propanoat, etil asetat, etil laktat, izobütil asetat, izoamil asetat, 2-metilbütül asetat, pentil asetat, etil heksanoat, heksil asetat, etil oktanoat, etil heptanoat, etil kaprat, 2-feniletil asetat, etil benzoat, etil dekanooat, metil salisilat, metil asetat, $\gamma$ -bütürolakton, $\gamma$ -nonalactone, bütirik asit, etil ester, fenietil asetat, izopropil miristat, butil asetat, etil pentanoat, etil eksanoat, etil pentadekanoat, 3-hidroksibütül asetat, butirolakton, oktanoik asit etil ester, cis-4-hidroksi-3-metilundekanoik asit lakton, dibütül ftalat, dekanolik asit etil ester, 4-etoksi-benzoik asit etil ester, 3-hidroksi-bütanoik asit metil ester, 2-bütoksi-1-metil-2-oksoetil bütanoik asit ester, etil oksamat, $\delta$ -Dekalakton, etil dodekanoat, etil oktadekanoat, etil 9-oktadekanoat, n-propil asetat, etil bütrat, bütül asetat, etil (L)-(-)-laktat, etil 2-hidroksi-4-metilpentanoat, izoamil laktat, feniletil asetat, $\gamma$ -pentalakton, $\gamma$ -heksalakton, $\gamma$ -oktalakton | Cechi ve Ripari (2018); Fang vd., (2023); Hansen ve Schieberle (2005); Martín-García ve diğerleri (2021); Petel ve diğerleri (2016); Zhang ve diğerleri (2019); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2011); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchhoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020) |
| Heterosiklik Bileşikler | 2-pentil furan, 2-metilpirazin, furfural, 1-(2-furanil)-etanon, 2-furanmetanol, maltol, indol, 2-etil furan, 2-acetil furan, 2-furanmetanol, 2-metilfuran, 5-metil-2-furfural, maltol, pirol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)                                                                                                                                                                                                                       |
| Diğerleri               | dimetil trisülfür, 2H-pyran-2-on-tetrahidro-4,6dimetil, 2-(2-bütoksietoksi) etanol, dimetil disülfid, dimetil trisülfid, karvon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Xi vd., (2020); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## EKŞİ MAYALI EKMEKLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Literatürde ekşi mayanın ekmeğin glisemik indeksini azaltabildiği, diyet lifi kompleksinin özelliklerini iyileştirebildiği, biyoaktif peptitleri oluşturduğu ve mineraller ile vitaminlerin

emilimini arttırabildiği yönünde bulgular vardır. Ayrıca hamurda bulunan LAB'nin peptitler ve aminoasit kalıntıları (amino bütirik asit) gibi beslenme açısından aktif bileşiklerin yanı sıra prebiyotik olma potansiyeline sahip bazı ekzopolisakkaritleri üretebildikleri de

bildirilmektedir. Mikroorganizmaların metabolik ürünleri, bazı kronik hastalıklarda sağlığın korunmasına odaklanan yeni ürünler yaratma potansiyeline sahip olduğu için bilim dünyasının ilgisini çekmeye devam etmektedir. Bu kronik hastalıklar; yüksek kolesterol, kardiyopati, otoimmün hastalıklar, hassas bağırsak sendromu, kolit, kanser ve diyabet olarak sıralanabilir (Gobbetti vd., 2019; Olojede vd., 2020; Canesin ve Cazarin, 2021).

Geleneksel Akdeniz diyetinin bileşenlerinden biri olan kepekli ekşi mayalı ekmekek, düşük glisemik indeks diyetinin bir parçasıdır. Düşük glisemik indeks/glisemik yük diyetleri özellikle tip 2 diyabet hastaları, koroner kalp hastaları, kanser hastaları, aşırı kilolu veya yüksek kolesterolü kişiler için birçok sağlık yararı sunmaktadır (Capurso ve Capurso, 2020). Ekşi mayadaki mikrobiyomların dinamikleri ve çeşitliliğinin ekmeğe ve insanlığa birçok fayda sağladığı bilinmektedir. Diğer taraftan geleneksel (ticari) ekmekekler karbonhidrat oranı yüksek ve nişasta bazlı olduğundan ve sağlık üzerine olumsuz etkileri olabilecek gluten içerdiğinden, temel gıda olarak ekmekek tüketen toplumlar için ekşi mayalı ekmekekler sağlıklı beslenme açısından çözümler sunmaktadır (Lau vd., 2021). Ekşi maya fermantasyonu, nişasta granüllerinin suyu absorbe etmesine ve düz zincirli nişastanın hidrolizine yol açar. Bu yolla açığa çıkan bazı polioller ise sağlıklı bağırsak mikrobiyel florasının korunmasına katkıda bulunur (Ma vd., 2021). Ekşi maya ekmekek yapımındaki doğal fermantasyon sürecinde karbonhidrat ve proteinlerin moleküler yapılarının değişmesi, bu bileşenlere hassasiyeti olan bireyler için ekşi mayalı ekmeğin sağlıklı bir alternatif olmasını beraberinde getirmektedir. Örneğin literatürde irritabl (huzursuz) bağırsak sendromu (IBS), gluten intoleransı sendromu ve çölyak hastalığı gibi mide-bağırsak bozuklukları olan bireylerin ekşi maya ekmeği tüketebileceğine ilişkin bilgiler bulunmaktadır (Loponen ve Ganzle, 2018; Menezes vd., 2018). Ekşi mayalı ekmekek tüketiminin, yiyeceklerin daha iyi sindirilmesini sağladığı, minerallerin ve vitaminlerin emilimini artırdığı ve ayrıca probiyotik LAB varlığıyla bağırsak sağlığını iyileştirdiği bildirilmektedir (Gobbetti vd., 2019).

Ekşi maya kullanımının ekmeğin besinsel ve biyoaktif nitelikleri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde antioksidan aktivitenin ve toplam fenolik içeriğinin arttığı, protein ve minerallerin biyoyararlanımını iyileştirdiği ve ekmeğin enzim dirençli nişasta içeriğinin azaldığı saptanmıştır (Hayta ve Ertop, 2017). Ekmekeklik buğday unu kullanılarak bazı LAB suşları ile fermente edilen ekmekek hamurlarında karotenoid ve diğer biyoaktif bileşenlerin seviyelerinin artabileceği ve potansiyel olarak sağlık açısından daha yararlı bir hal alabileceği gözlemlenmiştir (Antognoni vd., 2019).

Farklı darı türlerinden üretilen ekşi maya ile yapılan ekmekeklerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, ekşi maya fermantasyonunun ekmekek örneklerinin bileşimini ve mineral biyoyararlanımını önemli ölçüde geliştirdiği gözlemlenmiştir. Ekşi mayanın belirli patojenlerin gelişmesini engelleme potansiyeli, bu tür özel gıdaların tüketiminden elde edilebilecek probiyotik sağlık yararının bir göstergesi niteliğinde de olduğu kabul edilmektedir (Adisa vd., 2019).

### **Ekşi Mayalı Ekmeğin Besinsel Nitelikleri**

Ekşi maya fermantasyonunun ekmekek kalitesinin besinsel özellikleri üzerindeki etkileri çok çeşitli olup açığa çıkan bileşikler fermantasyonda kullanılan mikroorganizmaların hamur üzerindeki aktivitelerine bağlıdır. Birçok çalışmada hamur fermantasyonunun vitaminlerin ve biyoaktif bileşiklerin biyoerişebilirliğini, minerallerin biyoyararlanımını artırdığı, glisemik indeksi ve beslenme karşıtı faktörlerin içeriğini azalttığı, gluten parçalanmasında rol oynadığı bildirilmiştir (Gobbetti vd., 2019; Chiş vd., 2019; Teleky vd., 2020; Şerban vd., 2021). Ekşi mayalı ekmekek, hem LAB aktivitesinden hem de undan ileri gelen, B1, B6, B12, tiamin, niasin, folat, riboflavin gibi B grubu vitaminleri, E vitamini, potasyum, çinko, demir, magnezyum, selenyum, kalsiyum, fosfor ve mangan gibi mineralleri içermektedir (Capurso ve Capurso, 2020). Di Nunzio vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada ise selenyum takviye edilmiş İtalyan geleneksel ekmeği piadina üretiminde ekşi maya kullanımının, selenyum biyoerişebilirliğini / biyoyararlanımını artırdığı ve ekşi maya ile üretilen selenyum takviye edilmiş

ekmeğin kültürlenmiş hücrelerde oksidatif hasarı önlediği belirtilmiştir.

### **Ekşi Mayalı Ekmeğin Sindirim Sağlığı Üzerine Etkisi**

Kısa zincirli diyet karbonhidratları, ince bağırsakta sindirilmemiş bileşikler olarak kabul edilen ancak mikrobiyota bakterileri tarafından kısa zincirli yağ asitlerine ve gazlara fermente edilen buğday ve gluten içeren gıdalarda gluten ile bir arada bulunan ek bileşenlerdir. FODMAP'ler olarak bilinen bu bileşenler, ince bağırsakta emilime uğramayan monosakkaritler, disakkaritler, oligosakkaritler ve poliollerdir. Diyet lifleri veya prebiyotik gibi faydalı bileşenleri içermesine rağmen FODMAP'ler özellikle fonksiyonel gastrointestinal bozuklukları olan bireyler için, huzursuz (irritabl) bağırsak semptomları (IBS) gibi olumsuz etkileri ortaya çıkarabilmektedir (Yan vd., 2018; Graça vd., 2021).

Düşük bir FODMAP diyeti, çoğu hassas bağırsak sendromu (IBS) hastasının, soğan, baklagiller ve buğday veya çavdardan yapılan ürünler gibi FODMAP içeren gıdalardan kaçınarak gastrointestinal semptomlarını yönetmesine olanak tanımaktadır. Düşük bir FODMAP diyetinin dezavantajı, diyet lifi alımının azalmasıdır. Ekşi mayaların -belirli FODMAP hedefli metabolik özelliklere sahip- tam tahıllı ekmeğin yapımına uygulanması, yavaş fermente edilen ve iyi tolere edilen diyet lifinin içeriğini etkilemeden ekmekteki FODMAP içeriğini önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olabilir. Ekşi maya IBS hastaları için doğal ve lif açısından zengin düşük FODMAP içeren ürünlerin tüketilmesini sağlayarak diyet lifi alımının artırılmasına yardımcı olmaktadır (Loponen ve Ganzle, 2018).

Ticari maya ile hazırlanan ekmekler, tipik olarak proteinler ve FODMAP'ler dahil olmak üzere tahıl bileşenlerinin nispeten sınırlı bir hidrolizine neden olan kısa süreli fermantasyonuyla (0.5-3 saat) üretilmektedir. Buna karşın, ekşi maya biyoteknolojisi daha uzun fermantasyon süresi gerektirmektedir. Ekşi maya biyoteknolojisi, mayalı unlu mamullerin lezzetini ve dokusunu iyileştirmek, raf ömrünü uzatmanın yanı sıra

besinsel ve fonksiyonel kalitesini de artırmak için kullanılmaktadır. Bu özelliklerin çoğu, LAB'nin karbonhidratlar ve proteinler üzerindeki metabolik aktiviteleriyle oluşmaktadır (Menezes vd., 2018; Demir, 2020). Ekşi maya fermantasyonu, polioller sınıfı (sorbitol ve mannitol) dışında tüm FODMAP'lerin önemli ölçüde azalmasına, sakkaroz, fruktoz ve glikozun ilk fermantasyon adımında ve pişirme işleminin sonunda tamamen parçalanmasına neden olmaktadır. Doğal ekşi maya fermantasyonu, FODMAP'lerin en az %30 oranında azalmasına ve daha düşük miktarda fermente edilebilir karbonhidrat ve serbest glikoz içeren bir ekşi maya ekmeği üretimine olanak sağlamaktadır (Menezes vd., 2018). Literatürde, ekşi mayalı ekmekte, ekmeğin mayası ile yapılan ekmeğe kıyasla, fermantasyon sürecinde ortaya çıkan proteoliz nedeniyle proteinlerin sindirilebilirliğinin arttığına dair bulgular yer almaktadır (Canesin ve Cazarin, 2021). Rizzello vd., (2019) tarafından yapılan çalışmada ekmeğin mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) ile yapılan ekmeğe göre ekşi mayalı ekmeğin sindirilebilirliğinde %16'lık ve proteinin biyolojik değerinde %18.7'lik bir artış gözlemlenmiştir.

Ekşi maya mikroorganizmaları, özellikle LAB, vücudumuzun sindirim sistemine birçok fayda sağlamaktadır. Sindirim sistemimizi geliştirmekte ve vücudumuzda besin emilimini artırmaktadır. LAB ve mayaları doğal olarak içeren ekşi maya fermantasyon işlemi, sindirilemeyen nişasta olarak bulunan kısa zincirli karbonhidratların sindirimine yardımcı olan invertaz enzimlerini üretir. Bununla birlikte fitaz enzimi, tahıl bazlı ürünlerde bulunan fitik asidi nötralize ederek amilaz, tripsin ve pepsini içeren sindirim enzimlerinin serbest hale gelmesine neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da bu sindirim enzimleri vücudumuzdaki proteinleri, nişastaları ve yağları parçalamada daha etkili hale gelir (Lau vd., 2021).

### **Ekşi Mayanın Ekmekte Glisemik İndeks Üzerine Etkisi**

Ekmeğin, yüksek glisemik indeksli gıda olarak kabul edilmektedir ancak fermantasyonun unlu mamullerin glisemik tepkisini azalttığı belirtilmektedir. Hamurun düşük pH'ı (3.5-4.0'ın altında), dirençli nişasta oluşumunu destekleyerek

nişastanın sindirilebilirliğini azaltmakta ve dolayısıyla kan şekeri seviyesini düşürmektedir (Bo vd., 2017; Gobetti vd., 2019; Buksa, 2020). Tüketiciler, yüksek glisemik indeksi ve düşük lif içeriği nedeniyle beyaz ekmeğin çeşitli alternatiflerini tercih etmektedir. Ekşi mayalı ekmek, yüksek dirençli nişasta içermesi, düşük glisemik indekse sahip olması, yüksek mineral biyoyararlanımı ve daha iyi duyuşsal nitelikleri sayesinde beyaz ekmeğin yerini almaya başlamıştır (Yıldırım ve Arıcı, 2019; Zahra vd., 2022).

Ekşi mayanın nişastanın sindirilebilirliğini düzenlemek ve sonuç olarak ekmek ürünlerinde glisemik indeksi azaltmak için yararlı bir bileşen olduğu tespit edilmiştir. Ekşi mayalı ekmeğin glisemik indeks değerinin ticari maya ile hazırlanan ekmeğin glisemik indeksinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Tip 2 ve tip 1 ekşi hamur fermantasyon yöntemleri karşılaştırıldığı bir araştırmada en düşük glisemik indeks değeri, tip 2 ekşi maya kullanılarak 30°C'de fermantasyonla üretilen tam buğday ekşi mayalı ekmek örneklerinde görülmüştür. Ayrıca tam buğday unu ve tip 2 ekşi maya kullanılarak yapılan fermantasyonun dirençli nişasta içeriğinde en belirgin artışa neden olduğu görülmüştür. Ekşi mayalı ekmek, düşük glisemik yanıtı nedeniyle günlük diyetin bir parçası olarak önerilebilmektedir (Demirkesen-Bıçak vd., 2021).

Rolim vd., (2022) tarafından yapılan çalışmada ise ekşi mayalı ekmek tüketiminin, ekşi mayalı olmayan ekmeğe kıyasla, alımından 60 ve 120 dakika sonra kan şekerinde daha az artışa yol açtığı ve ayrıca tam buğday kullanıldığında sözü edilen bu olumlu etkilerin daha da arttığı gözlemlenmiştir. Özer (2021) tarafından yürütülen araştırmada da gestasyonel diyabet (daha çok gebelikte görülen) durumunda ekşi mayalı tam tahıllı ekmek tüketiminin glisemik hedeflere ulaşmaya yardımcı olabileceği saptanmıştır.

### **Ekşi Mayanın Ekmekte Fitik Asit İçeriği Üzerine Etkisi**

Tahıllarda değişken miktarda bulunan fitik asit ve fitatlar, vücutta minerallerin emilimini engelleyen olumsuz bir faktördür. Özellikle fitik asit,

tahıllarda bulunan potasyum, fosfor, magnezyum, çinko ve demir gibi minerallerin biyoyararlanımını azaltabilmektedir. Fitatlar tahılın dış katmanlarında yoğunlaşır ve endojen fitaz enzimi tarafından hidrolize edilebilir. Tam tahılların veya kepeğin ön fermantasyon sürecinin, yeterli hidrasyon koşulları altında, fitik asidin çoğunun bozulmasına ve minerallerin optimum biyoyararlanımına yol açtığı saptanmıştır (Fernandez-Pelaez vd., 2020). Buğdaydaki fitik asit varlığı, sindirim rahatsızlığı ve şişkinliğin ana nedenidir. Fitik asidin zararlı özelliklerinden biri de besinlerden alınan diğer esansiyel mineralleri sindirim sisteminde bağlayarak vücut tarafından emilimini engellemek ve böylece mineral eksikliğine neden olmaktadır. Ekşi maya ürünlerinde mayadaki yabancı maya ve laktobasiller fitik asidi nötralize ederek ekşi maya bazlı ürünlerin sindirimini kolaylaştırır. Çeşitli araştırmalar, tam buğday ekmeğindeki fitat içeriğini azaltmada ekşi maya fermantasyonunun, maya fermantasyonuna kıyasla, çok daha etkili olduğunu göstermiştir. Uzun süreli fermantasyonda fitat parçalanmakta ve bunun sonucu olarak ekşi mayalı ekmekte bulunan demir, çinko, magnezyum gibi önemli mineraller, antioksidanlar, folik asit ve diğer B grubu vitaminlerin emilimi artmaktadır (Sakandar vd., 2019; Longin vd., 2023). Fermantasyon ile pH'ın düşmesi endojen fitaz aktivitesini artırmakta ve fitat içeriğinde %50'nin üzerinde azalma sağlanmaktadır (Gobetti vd., 2019; Çetin Babaoğlu vd., 2022). Fekri vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada İran'da geleneksel yöntemle hazırlanan ekşi mayalardan izole edilen *Kluyveromyces marxianus* suşu ile hazırlanan ekmekte fitaz üretim kapasitesi yükseldiği, fitat içeriğinin ise azaldığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra ekşi mayalardan izole edilen *Kluyveromyces aestuarii* ve *Kluyveromyces lactis*'in ise en çok ekzopolisakkarit üreten suşlar olduğu saptanmıştır. Ayrıca Yıldırım ve Arıcı (2019) tarafından yapılan araştırmada ekşi mayadan izole edilen LAB arasında en yüksek fitaz aktivitesini ve fitik asit yıkımını *Lactobacillus brevis* HEB33 ve *Lactobacillus plantarum* ELB78 gerçekleştirmiştir. Fang vd., (2023), *Lactobacillus paracasei* LG0269, *L. plantarum* LG3034 ve *Lactococcus lactis* LG0824, *Saccharomyces cerevisiae* J815 ve *S. cerevisiae* J8202 kullanarak hazırladıkları

tip II ekşi hamurda fermantasyonun fitik asit parçalanması üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda fitik asit yıkımının arttığı ve fitik asidin % 96.6'a kadar parçalandığı bulunmuştur.

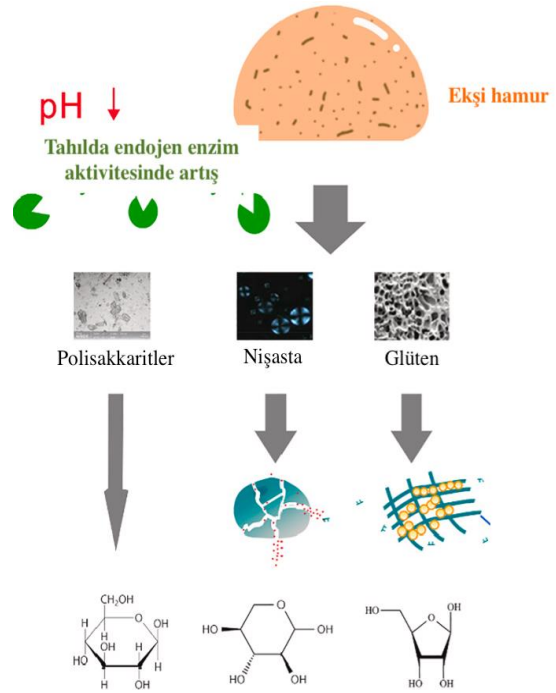
### Ekşi Mayanın Ekmekte Gluten İçeriği Üzerine Etkisi

Tahıl ürünleri içerdiği gluten nedeniyle tüketiciler tarafından daha az tercih edilir hale gelebilmektedir. Ayrıca gluten, çölyak hastalığı olan kişilerin ince bağırsağını etkilemekte, otoimmün tepki yoluyla bir bağırsak iltihabı durumunu tetikleyerek bir dizi sağlık sorununa neden olmaktadır (Graça vd., 2021). Çölyak hastalığı olan bireylerde ince bağırsak mukozal hasarı ve buğday bazlı gıdaların emilim bozukluğu olduğundan bu hastalıkta glutensiz diyet zorunlu bir hal almaktadır (Rashmi vd., 2020). Ekşi maya beslenme açısından bir iyileştirme içermese bile glutensiz ürünlerin organoleptik kalitesini iyileştirmeye, çölyak hastaları veya buğdaya alerjisi olanlar için uygun ürün yelpazesini genişletmeye de katkıda bulunabilir (Fernandez-Pelaez vd., 2020). Gluten tüketiminin neden olduğu ince bağırsağın kronik bir enteropatisi olan çölyak hastalığı dünya çapında en yaygın gıda hassasiyetlerinden biridir. Temel tedavi, buğday, çavdar, arpa ve nadiren yulaftan elde edilen gluten içeren ürünlerden kaçınmaya dayalı, yaşam boyu katı bir glutensiz diyettir. Doğal olarak glutensiz ham maddelerden yapılan ürünler gluten içeren ürünlerle karşılaştırıldığında genellikle düşük besinsel, dokusal ve duyuşsal özelliklere sahiptir (Scherf vd., 2018).

Ekşi mayanın gluten üzerinde hidrolitik etkisi olduğu ve maya florasının gelişimini destekleyecek yönde proteolitik aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Ayrıca ekşi hamur fermantasyonu ile pH'nın düşmesi, gluten üzerindeki endojen buğday proteaz aktivitesini arttırmaktadır. LAB'nin düşük pH'da gluten makromoleküllerini daha etkin bir şekilde parçaladığı bulunmuştur (Ma vd., 2021) (Şekil 3).

Rizzello vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada ekşi maya kullanımı ile glutensiz hale getirilen durum buğdayı unundan yüksek protein

sindirilebilirliğine sahip glutensiz ekmeğe üretilmiştir. Ayrıca Curiel vd., (2014) tarafından yürütülen çalışmada ise makarna gibi ürünlerde de ekşi mayanın glutenin parçalanmasına yol açarak miktarının 10 mg/kg'ın altına düşmesi sağlanmıştır.



Şekil 3. Ekşi maya fermantasyonunun hamurdaki makromoleküller üzerindeki hidrolitik etkisi (Ma vd., 2021).

Rashmi vd., (2020) tarafından buğdayda doğal olarak bulunan bakterilerin, gluteni hidrolize etme yetenekleri incelenmiş ve çölyak hastalığından etkilenen hastalarda yol açan rahatsızlığı iyileştirmenin anahtarı olabileceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan dört farklı buğday izolatında glutenin etkin bir şekilde hidrolize edildiği saptanmıştır.

Genel olarak ekşi maya fermantasyonunda daha yüksek fermantasyon sıcaklığı, daha yüksek enzim aktivitesi ve daha uzun fermantasyon süresi, protein hidrolizini destekleyen anahtar faktörler arasındadır. Ayrıca yapılan çalışmalar LAB'nin glutenin sekonder yapısını değiştirdiğini de göstermektedir. Glutendeki bu değişiklikler,

hamurun reolojik özelliklerini ve dolayısıyla ekmeğin kalitesini etkilemektedir (Ma vd., 2021). Saf kültür ile yürütülen bir çalışmada LAB'nin glutendeki gliadini hidrolize ettiği ve 72 saat boyunca ekşi maya fermantasyonu tamamlandıktan sonra tüm buğday proteinlerinin parçalandığı gösterilmiştir (Fraberger vd., 2020).

### Ekşi Mayanın Ekmekte Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Çok sayıda laktobasil türünün, bazı antioksidan enzimleri sentezleyerek hücrel olarak savunma geliştirdiği bilinmektedir. Ekşi hamurdaki LAB'lerinin de (özellikle *Lactobacillus plantarum*), fenolikler ve aktif peptitler gibi antioksidan aktif maddelerin üretimi için önemli olduğu bildirilmektedir (Ma vd., 2021). Abedfar vd., (2018) tarafından yapılan araştırmaya göre buğday kepeğinden elde edilen ekşi mayadan izole edilen *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus pentosaceus* suşlarının ürettiği ekzopolisakkaritlerin antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve zararlı radikallere karşı koruyucu özelliği olduğu saptanmıştır. Yapılan farklı bir çalışmada ise ekşi maya fermantasyonunun ekmeğin fenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırdığı belirlenmiştir (Drakula vd., 2021). Ayrıca ekşi maya fermantasyonunun makarna ürünlerindeki antioksidan bileşenlerin artmasını da teşvik ettiği bildirilmiştir (Ma vd., 2021).

### Ekşi Mayanın Ekmekte Akrilamid Oluşumu Üzerine Etkisi

Pişirme sırasında nişasta ve protein içeren gıdalarda duysal, fiziksel ve beslenme özelliklerini etkileyen birçok karmaşık reaksiyon meydana gelmektedir. En önemlileri arasında nişasta jelinizasyonu, protein denatürasyonu, su buharlaşması, hacim genişlemesi, enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard reaksiyonu) ve akrilamid oluşumu yer almaktadır (Torres vd., 2019). Akrilamid, amidlere ait düşük moleküler ağırlıklı ve çok reaktif bir kimyasal bileşiktir ve indirgen şekerler ile aminoasitler (asparajin) arasındaki reaksiyon (Maillard) sonucu oluşmaktadır. Ayrıca gıdalarda akrilamid oluşumu için ana mekanizmanın Maillard reaksiyonu olduğu ve bu reaksiyon için temel öncülün

asparajin olduğu da açık bir şekilde ortaya konmuştur (Mottram vd., 2002; Stadler vd., 2002).

Maillard reaksiyonu, 120°C'nin üzerindeki ısı işlem sonucunda ürünlerde uygun renk, spesifik tat ve aromanın oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum son üründe tüketici açısından arzu edilen organoleptik özelliklerin elde edilmesine katkıda bulunurken, sağlık açısından olumsuz sonuçları olabilmektedir. Genel olarak gıdalarda akrilamid oluşumu için en uygun koşullar, 140–180 °C aralığındaki sıcaklık, %30'un altındaki nem ve yüksek oranda asparajin ve indirgen şeker içeriğidir (Onacik Gür vd., 2022).

Akrilamid, kızartma, kavurma ve pişirme sırasında karbonhidrat ve protein açısından zengin gıdalarda tespit edilen en yaygın zararlı bileşiklerden biridir (Anonymous, 2009; Suo vd., 2021). Gıdalarda en yüksek akrilamid seviyeleri, kızarmış patates ürünleri, ekmeK ve fırıncılık ürünleri ile kahvede saptanmıştır (Anonymous, 2009).

Nachi vd., (2018) tarafından izole edilmiş LAB suşlarının kullanıldığı çalışmada *Levilactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* ve *P. acidilactici* suşları ile yapılan tüm pişmiş ekmeK örneklerinde, özellikle *P. acidilactici* ile üretilen ekmeKlerde akrilamid içeriğinin azaldığı gösterilmiştir. Benzer bir karşılaştırma, laktobasil ve maya birleştirilerek hazırlanan tam buğday ekmeğinde de yapıldığında *Lactocaseibacillus rhamnosus*'un (eski adıyla *Lactobacillus rhamnosus*) akrilamid içeriğini azaltmada en etkili LAB olduğu saptanmıştır (Esfahani vd., 2017).

Yapılan başka bir araştırmada farklı LAB suşlarından kombinasyonlarından oluşan ekşi mayanın starter kültür olarak kullanıldığı buğday unundan üretilen ekmeKlerde akrilamid seviyesinin azaldığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada bazı farklı suşların kombinasyon halinde bir arada bulunduğu ekşi maya örneklerinin ekmeğin kalite özelliklerini de artırdığı ortaya konulmuştur (Bartkiene vd., 2017). *Lactobacillus plantarum* LUHS135 suşu ile yürütülen bir araştırmada ise farklı tahıl unları kullanılarak hazırlanan ekşi mayaların çavdar-buğday ekmeği üzerindeki



etkileri incelenmiş ve ekmeklerdeki akrilamid seviyesinin azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada ekşi maya ile üretilen ekmeklerin pişme sonrası daha az kütle kaybına uğradıkları ve daha yüksek özgül hacme sahip oldukları da belirtilmiştir (Bartkiene vd., 2017a). Aynı yazarların yaptığı farklı bir çalışmada ise *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus curvatus* suşları kullanılarak karışık çavdar ve buğday ekmeğinin kalitesini artırdığı ve akrilamid oluşumunu azalttığı belirtilmiştir (Bartkiene vd., 2017b).

## SONUÇ

Ekşi maya içerdiği LAB sayesinde ekmek hamurunda ve ekmekte antioksidan aktivite artışı, ekmekte akrilamid oluşumunda azalma, ekmekte vitamin ve minerallerin emilimini engelleyen veya azaltan fitik asit içeriğinin azalması, ekmekte ve diğer tahıl ürünlerinde gluten içeriğini azaltması, ekmeğin glisemik indeksini düşürmesi, sindirim sorunlarına yol açabilen proteinlerin ve sindirilemeyen karbonhidratların parçalanması ile bağırsak sağlığı açısından olumsuz etkilerin en aza indirilmesi gibi insan sağlığı açısından pek çok fayda sağlamanın yanı sıra nihai üründe raf ömrünün uzatılması, uçucu aroma bileşikleri sayesinde organoleptik açıdan benzersiz bir ürün ortaya koyması, tüketicilerin doğal ve katkısız ürün arayışında tercih sebebi olması ve sağladığı ekonomik avantajlar sayesinde son yıllarda ekmek üretiminde oldukça popüler ve yaygınlaşan bir olgu haline gelmiştir.

Son yıllarda daha lezzetli ve sağlıklı ekmeklere olan beğenin artması, tüketicilerin ekşi mayalı ekmeklere olan talebini de artırmıştır. Ayrıca uzman şirketler tarafından çeşitli yeni ekşi maya ürünleri ve bunların işlenmesini kolaylaştıran ekipmanların geliştirilmesi, ekşi maya teknolojisinin hem geleneksel hem de endüstriyel fırınlarda giderek yaygınlaşmasını beraberinde getirmektedir. Bu nedenle gelecekte ekşi mayalı ürünler pazarının büyümesinin hız kazanacağı ve ekşi maya ve ekşi mayalı ekmekler üzerine yürütülecek araştırmaların artacağı düşünülmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## YAZAR KATKILARI

Yazarlar makalenin gerçekleşmesinde, yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı sağlamışlardır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

## KAYNAKLAR

Abedfar, A., Hosseinezhad, M., Sadeghi, A., Raiesi, M., Feizy, J. (2018). Investigation on “spontaneous fermentation” and the productivity of microbial exopolysaccharides by *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* isolated from wheat bran sourdough, *LWT- Food Science and Technology*, 96(1), 686-693. doi: 10.1016/j.lwt.2018.05.071

Adisa, A. M., Ifesan, B. OT., Enujiugha, V. N., Adepeju, A. B. (2019). Microbiological and Physicochemical Properties of Wholegrain Millet Sourdough Breads, *International Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(2), 74-82. ISSN: 2167-0434

Anonymous (2009). Scientific report of EFSA prepared by data collection and exposure unit (DATEX) on “Monitoring of acrylamide levels in food”. The EFSA Scientific Report, 285, 1-26.

Anonymous (2012). Türk Gıda Kodeksi. Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. (2012/12). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 4 Ocak 2012 tarih ve 28163 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Antognoni, F., Mandrioli, R., Potente, G., Taneyo Saa, D. L. ve Gianotti, A. (2019). Changes in carotenoids, phenolic acids and antioxidant capacity in bread wheat doughs fermented with different lactic acid bacteria strains, *Food Chemistry*, 292(1), 211,216. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.04.061

Arzani, A. (2021). Emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) Flour and Bread. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. ve Watson R. R. (baş ed.), 2. Baskı, Academic Press Elsevier, Londra, İngiltere, s. 89-98. ISBN 978-0-12-814639-2.

- Badem, A. (2021). *EkmeK ve Unlu Mamuller. Temel MutfaK Teknikleri ve Yönetimi*, Geçgin, E. ve Baltacı, M. (baş ed.), Detay Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 265-286. ISBN: 978-6-0-5254394-8.
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Krungleviciute, V., Pugajeva, I., Zadeike, D., Juodeikiene, G. (2017). Lactic acid bacteria combinations for wheat sourdough preparation and their influence on wheat bread quality and acrylamide formation. *Journal of Food Science*, 82(1), 2371–2378. doi: 10.1111/1750-3841.13858
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Lele, V., Pugajeva, I., Zavistanaviciute, P., Mickiene, R., Zadeike, D., Juodeikiene, G. (2018). A concept of mould spoilage prevention and acrylamide reduction in wheat bread: Application of lactobacilli in combination with a cranberry coating. *Food Control*, 91(1), 284–293. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.04.019
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Lele, V., Pugajeva, I., Zavistanaviciute, P., Zadeike, D., Juodeikiene, G. (2019). Application of antifungal lactobacilli in combination with coatings based on apple processing by-products as a bio-preservative in wheat bread production. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 2989–3000. doi: 10.1007/s13197-019-03775-w
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Krungleviciute, V., Mayrhofer, S., Domig, K. (2017a). Parameters of rye, wheat, barley, and oat sourdoughs fermented with *Lactobacillus plantarum* LUHS135 that influence the quality of mixed rye–wheat bread, including acrylamide formation. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 1473–1482. doi: 10.1111/ijfs.13412
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Krungleviciute, V., Mayrhofer, S., Domig, K. (2017b). The contribution of *P. acidilactici*, *L. plantarum*, and *L. curvatus* starters and L-(+)-lactic acid to the acrylamide content and quality parameters of mixed rye - wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 80, 43–50. doi: 10.1016/j.lwt.2017.02.005
- Belz, M. C.E., Axel, C., Arendt, E. K., Lynch, K. M., Brosnan, B., Sheehan, E. M., Coffey, A., Zannini, E. (2019). Improvement of taste and shelf life of yeasted low-salt bread containing functional sourdoughs using *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 and *Weisella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 69–79. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.015
- Bo, S., Seletto, M., Choc, A., Ponzo, V., Lezo, A., Demagistris, A., Evangelista, A., Ciccone, G., Bertolino, M., Cassader, M., Gambino, R. (2017). The acute impact of the intake of four types of bread on satiety and blood concentrations of glucose, insulin, free fatty acids, triglyceride and acylated ghrelin. A randomized controlled cross-over trial. *Food Research International*, 92, 40–47. doi: 10.1016/j.foodres.2016.12.019
- Bobea, S. A., Belc, N., Cornea, C. P. (2022). The Use of Acid Dried Sourdough Starter to Improve Sensory Properties and Bread's Shelf Life – A Review, *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, 26(1), ISSN-L 2285-1364
- Bolourian, S., Haddad Khodaparast, M. H., Movahhed, G. G., Afshary, M. (2010). Effect of lactic fermentation (*Lactobacillus plantarum*) on physicochemical, flavor, staling and crust properties of semi volume bread (Baguette). *World Applied Sciences Journal*, 8, 101–106. ISSN: 1818-4952
- Buksa, K. (2020). Effect of pentoses, hexoses, and hydrolyzed arabinoxylan on the most abundant sugar, organic acid, and alcohol contents during rye sourdough bread production, *Cereal Chemistry*, 97(1), 642-652. doi: 10.1002/cche.10280
- Calvert, M. D., Madden, A. A., Nichols, L. M., Haddad, N. M., Lahne, J., Dunn, R. R., Mckenney, R. A. (2021). A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research, *PeerJ Life and Environment*, 9(1), e11389. doi: 10.7717/peerj.11389
- Canesin, M. R., Cazerin, C. B. B. (2021). Nutritional quality and nutrient bioaccessibility in sourdough bread, *Current Opinion in Food Science*, 40(1), 81-86. doi: 10.1016/j.cofs.2021.02.007
- Catteddu, P. (2021). *Sourdough Breads. Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. ve Watson R. R. (baş ed.),

2. Baskı, Academic Press Elsevier, Londra, İngiltere, s. 177-188. ISBN: 978-0-12-814639-2
- Capurso, A., Capurso, C. (2020). The Mediterranean way: why elderly people should eat whole wheat sourdough bread—a little known component of the Mediterranean diet and healthy food for elderly adults, *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(1), 1-5. doi: 10.1007/s40520-019-01392-3
- Cechi, T., Ripari, V. (2018). Recipe, volatiles profile, sensory analysis, physico-chemical and microbial characterization of acidic beers from both sourdough yeasts and lactic acid bacteria, *European Food Research and Technology*, 244(1), 2027-2040. doi: 10.1016/bs.aambs.2017.02.003
- Chen, D., Wang, J., Jia, F., Zhang, C. (2018). Effects of sourdough addition on the quality and shelf life of Chinese steamed bread. *Grain and Oil Science and Technology*, 1, 85–90. doi: 10.3724/sp.j.1447.gost.2018.18019
- Chiş, M.S., Păucean, A., Stan, L., Suharoschi, R., Socaci, S.A., Man, S.M., Pop, C.R., Muste, S. (2019). Impact of protein metabolic conversion and volatile derivatives on gluten-free muffins made with quinoa sourdough. *CyTA – Journal of Food*, 17(1), 744–753. doi: 10.1080/19476337.2019.1646320
- Corsetti, A., Setanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation, *Food Research International*, 40(5), 539-558, doi: 10.1016/j.foodres.2006.11.001
- Curiel, J. A., Coda, R., Limitone, A., Katina, K., Raulio, M., Giuliani, G., Rizzello, C. G., Gobetti, M. (2014). Manufacture and characterization of pasta made with wheat flour rendered gluten-free using fungal proteases and selected sourdough lactic acid bacteria, *Journal of Cereal Science*, 59(1), 79-87. doi: 10.1016/j.jcs.2013.09.011
- Çetin Babaoğlu, H., Akın, N., Özkaya, B. (2022). Effects of Dephytinized Wheat Bran on Rheological Properties of Dough and Sourdough Fermentation, *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(1), 91-97. doi: 10.15316/SJAFS.2022.013
- Drakula, S., Novotni, D., Mustac, N. C., Voucko, B., Krpan, M. Hruskar, M., Curic, D. (2021). Alteration of phenolics and antioxidant capacity of gluten-free bread by yellow pea flour addition and sourdough fermentation, *Food Bioscience*, 44(1), 101424. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101424
- De Vuyst, L., Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions, *Trend in Food Science and Technology*, 16(1-3), 43-56. doi: 10.1016/j.tifs.2004.02.012
- De Vuyst, L., Harth, H., Kerrebroeck, S. V., Leroy, F. (2016). Yeast diversity of sourdoughs and associated metabolic properties and functionalities, *International Journal of Food Microbiology*, 239(1), 26-34. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.018
- De Vuyst, L. Van Kerrebroeck, S., Leroy, F. (2017). Chapter two – Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation içinde *Advances in Applied Microbiology*, 100(1), 49-160. doi: 10.1016/bs.aambs.2017.02.003
- Debonne, E., Van Bockstaele, F., Van Driessche, M., De Leyn, I., Eeckhout, M., Devlieghere, F. (2018). Impact of par-baking and packaging on the microbial quality of par-baked wheat and sourdough bread. *Food Control*, 91, 12–19. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.03.033
- Demir, Y. (2021). Geleneksel Ekşi Mayanın Sağlık ve Ekmek Üzerindeki Etkileri, *Aydın Gastronomy*, 5(1), 63-70. doi: 10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/gastronomy\_v05i1005
- Demirkesen-Bıçak, H., Arıcı, M., Yaman, M., Karasu, S., Sağdıç, O. (2021). Effect of Different Fermentation Condition on Estimated Glycemic Index, In Vitro Starch Digestibility, and Textural and Sensory Properties of Sourdough Bread, *Foods*, 10(3), 514. doi: 10.3390/foods10030514
- Di Nunzio, M., Bordoni, A., Aureli, F., Cubadda, F., Gianotti, A. (2018). Sourdough fermentation favorably influences selenium biotransformation and the biological effects of flatbread. *Nutrients*, 10. doi: 10.3390/nu10121898

- Dinç, T. (2019). *Karakalçık: Ekşi Mayaya Dair Her Şey*, Mutfakkitap, İstanbul, Türkiye, 360 s. ISBN: 978-605-86379-1-7
- Esfahani, B. N., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimani-Zad, S. (2017). Reduction of acrylamide in whole-wheat bread by combining lactobacilli and yeast fermentation, *Food Additives and Contaminants: Part A*, 34(11), 1904-1914. doi: 10.1080/19440049.2017.1378444
- Fang, L., Wang, W., Dou, Z., Chen, J., Meng, Y., Cai, L., Li, Y. (2023). Effects of mixed fermentation of different lactic acid bacteria and yeast on phytic acid degradation and flavor compounds in sourdough, *LWT – Food Science and Technology*, 174, 114438,. doi: 10.1016/j.lwt.2023.114438
- Fekri, A., Torbati, M., Yari Khosrowshahi, A., Bagherpour Shamloo, H., Azadmard-Damirchi, S. (2020). Functional effects of phytate-degrading, probiotic lactic acid bacteria and yeast strains isolated from Iranian traditional sourdough on the technological and nutritional properties of whole wheat bread. *Food Chemistry*, 306, 125620. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125620
- Fernandez-Pelaez, J., Paesani, C., Gomez, M. (2020). Sourdough Technology as a Tool for the Development of Healthier Grain-Based Products: An Update. *Agronomy*, 10(12), 1962. doi: 10.3390/agronomy10121962
- Fraberger, V., Ladurner, M., Nemeč, A., Grunwald-Gruber, C., Call, L. M., Hochegger, R., Domig, K. J., D'Amico, S. (2020). Insights into the Potential of Sourdough-Related Lactic Acid Bacteria to Degrade Proteins in Wheat. *Microorganisms*, 8, 1689. doi: 10.3390/microorganisms8111689
- Ganzle, M., Ripari, V. (2016). Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality. *International Journal of Food Microbiology*, 239(1), 19-25. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.004
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G., Rizzello, C. G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 302(1), 103–113. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018
- Golaburda, R., Straumite, E., Sabovics, M., Kruma, Z. (2020). Dynamics of Volatile Compounds in Triticale Bread with Sourdough: From Flour to Bread, *Foods*, 9(12), 1837. doi: 10.3390/foods9121837
- Graça, C., Lima, A., Raymundo, A., Sousa, I. (2021). Sourdough Fermentation as a Tool to Improve the Nutritional and Health-Promoting Properties of Its Derived-Products, *Fermentation*, 7(4), 246. doi: 10.3390/fermentation7040246
- Gül, H., Acun, S., Hayıt, F., Şirikçi, B. S. (2021). Geleneksel Ekşi Mayalı Isparta Ekmeğinin Bazı Kalite Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 34-35. ISSN: 1304-9984
- Hajnal, E. J., Orcic, D., Mastilovic, J. (2021). *The Fate of Alternaria Toxins in the Wheat-Processing Chain. Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. ve Watson R. R. (baş ed.), 2. Baskı, Academic Press Elsevier, Londra, İngiltere, s. 37-51. ISBN: 978-0-12-814639-2
- Hansen, A., Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects, *Trends in Food Science and Technology*, 16(1-3), 85-94. doi: 10.1016/j.tifs.2004.03.007
- Huang, C., Huang, J., Zhang, B., Omedi, J. O., Chen, C., Zhou, L., Liang, L., Zou, Q., Zheng, J., Zeng, Y., Huang, W. (2023). Rheo-Fermentation Dough Properties, Bread-Making Quality and Aroma Characteristics of Red Bean (*Vigna angularis*) Sourdough Induced by LAB *Weissella confusa* QS813 Strain Fermentation, *Foods*, 12(3), 605. doi: 10.3390/foods12030605
- Huys, G., Daniel, H. M., De Vuys, L. (2013). Taxonomy and Biodiversity of Sourdough Yeasts and Lactic Acid Bacteria. In: *Handbook on Sourdough Biotechnology*, Gobbetti, M., Ganzle, M. (chief ed.), Springer, 105-154. ISBN: 978-1-4614-5425-0 (eBook)

- Jin, J., Nguyen, T. T. H., Humayun, S., Park, S., Oh, H., Lim, S., Mok, I., Li, Y., Pal, K., Kim, D. (2021). Characteristics of sourdough bread fermented with *Pediococcus pentosaceus* and *Saccharomyces cerevisiae* and its bio-preservative effect against *Aspergillus flavus*, *Food Chemistry*, 345(1), 128787. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128787
- Kezer, G. (2022). Functional Perspective on Sourdough Bread, *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 10(8), 1410-1414. doi: 10.24925/turjaf.v10i8.1410-1414.4860
- Kirchhoff, E., Scieberle, P. (2001). Determination of Key Aroma Compounds in the Crumb of a Three-Stage Sourdough Rye Bread by Stable Isotope Dilution Assays and Sensory Studies, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 4304-4311. doi: 10.1021/jf010376b
- Landis, E. A., Oliverio, A. M., McKenney, E. A., Nichols, L. M., Kfoury, N., Biango-Daniels, M. Shell, L. K., Madden, A. A., Shapiro, L., Sakunala, S. Drake, K., Robbat, A., Booker, M., Dunn R. R., Fierer, N., Wolfe, B. E. (2021). The diversity and function of sourdough starter microbiomes, *eLife Ecology, Microbiology and Infectious Disease*, 1-24. doi: 10.7554/eLife.61644
- Lau, S. W., Chong, A. Q., Chin, N. L., Talib, R. A., Basha, R. K. (2021). Sourdough Microbiome Comparison and Benefits, *Microorganisms*, 9(7), 1355. doi: 10.3390/microorganisms9071355
- Liu, T., Li, Y., Sadiq, F. A., Yang, H., Gu, J., Yuan, L., Lee, Y. K., He, G. (2018). Predominant yeasts in Chinese traditional sourdough and their influence on aroma formation in Chinese steamed bread, *Food Chemistry*, 242(1), 404-411. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.081
- Liu, X., Zhou, M., Jiabin, C., Luo, Y., Ye, F., Jiao, S., Huc, X., Zhang, J., Lu, X. (2018). Bacterial diversity in traditional sourdough from different regions in China, *LWT – Food Science and Technology*, 96(1), 251-259. doi: 10.1016/j.lwt.2018.05.023
- Longin, C. F. H., Afzal, M., Pfannstiel, J., Bertsche, U. Melzer, T., Ruf, A., Heger, C., Pfaff, T., Schollenberger, M., Rodehutsord, M. (2023). Mineral and Phytic Acid Content as Well as Phytase Activity in Flours and Breads Made from Different Wheat Species, *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2770. doi: 10.3390/ijms24032770
- Loponen, J., Ganzle, M. G. (2018). Use of Sourdough in Low FODMAP Baking, *Foods*, 7(7), 96. doi: 10.3390/foods7070096
- Ma, S., Wang, Z., Guo, X., Wang, F., Huang, J., Sun, B., Wang, X. (2021). Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges—A review. *Food Chemistry*, 360, 130038. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130038
- Mantzourani, I., Plessas, S., Odatzidou, M., Alexopoulos, A., Galanis, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A. (2019). Effect of a novel *Lactobacillus paracasei* starter on sourdough bread quality, *Food Chemistry*, 271(1), 259-265. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.183
- Martin-Garcia, A., Riu-Aumatell, M., Lopez-Tamames, E. (2021). Influence of process parameters on sourdough microbiota, physical properties and sensory profile, *Food Reviews International*, 1-15. doi: 10.1080/87559129.2021.1906698
- Menezes, L. A. A., Minervini, F., Filannino, P., Sardaro, M. L., Lindner, J. D. D. (2018). Effects of Sourdough on FODMAPs in Bread and Potential Outcomes on Irritable Bowel Syndrome Patients and Healthy Subjects, *Frontiers in Microbiology*, 9(1), 1972. doi: 10.3389/fmicb.2018.01972
- Montemurro, M., Pontonio, E., Gobetti, M., Rizzello, C. G. (2019). Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours, *International Journal of Food Microbiology*, 302(1), 47-58. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.005
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction, *Nature*, 419, 448-449.
- Nachi, I., Fhoula, I., Smida, I., Ben Taher, I., Chouaibi, M., Jaunbergs, J. Bartkevics, V., Hassaouna, M. (2018). Assessment of lactic acid bacteria application for the reduction of

- acrylamide formation in bread, *LWT – Food Science and Technology*, 92(1), 435-441. doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.061
- Olejede, A. O., Ogunsakin, A. O., Sanni, A. I., Banwo, K. (2020). Rheological, textural and nutritional properties of gluten-free sourdough made with functionally important lactic acid bacteria and yeast from Nigerian sorghum, *LWT - Food Science and Technology*, 120(1), 108875. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108875
- Omedi, J. O., Huang, W., Zheng, J. (2019). Effect of sourdough lactic acid bacteria fermentation on phenolic acid release and antifungal activity in pitaya fruit substrate, *LWT - Food Science and Technology*, 111(2019), 309-317. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.038
- Onacik Gür, S., Szafranska, A., Roszko, M., Stepniewska, S. (2022). Interaction of dough preparation method, green tea extract and baking temperature on the quality of rye bread and acrylamide content, *LWT - Food Science and Technology*, 154(1), 112759. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112759
- Özer, Y. E. (2021). Gestasyonel Diyabette Ekşi Mayalı Tam Tahıllı EkmeK Tüketiminin Kan Şekeri Üzerine Etkisi, Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi, Sakarya, Türkiye, 77 s.
- Özkaya, B. (2019). *EkmeK. Fermente Gıdalar: Mikrobiyoloji, Teknoloji ve Sağlık*, Anlı, E. ve Şanlıbaba, P. (baş ed.), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 501-540. ISBN: 978-605-7846-35-8
- Papadimitriou, K., Zoumpopoulou, G., Georgalaki, M., Alexandraki, V., Kazou, M., Anastasiou, R., Tsakalidou, E. (2019). Sourdough Bread içinde: *Innovation in Traditional Foods (Ed: Galanakis, C. M.)*, Woodhead Publishing, Elsevier, Birleşik Krallık. ISBN: 978-0-12-814888-4 (online)
- Pejcz, E., Czaja, A., Wojciechowicz-Budzisz, A., Gil, Z., Spychaj, R. (2017). The potential of naked barley sourdough to improve the quality and dietary fibre content of barley enriched wheat bread, *Journal of Cereal Science*, 77(1), 97-101. doi: 10.1016/j.jcs.2017.08.007
- Petel, C., Onno, B., Prost, C. (2016). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 59(1), 105-123. doi: 10.1016/j.tifs.2016.10.015
- Petel, C., Onno, B., Prost, C. (2017). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 59 (2017), pp. 105-123. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125620
- Plessas, S., Bekatorou, A., Gallanagh, J., Nigam, P., Koutinas, A. A., Psarianos, C. (2008). Evolution of aroma volatiles during storage of sourdough breads made by mixed cultures of *Kluyveromyces marxianus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* or *Lactobacillus helveticus*, *Food Chemistry*, 107(2), 883-889. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.09.010
- Plessas, S., Alexopoulos, A., Bekatorou, A., Mantzourani, I., Koutinas, A. A., Bezirtzoglou, E. (2011). Examination of freshness degradation of sourdough bread made with kefir through monitoring the aroma volatile composition during storage, *Food Chemistry*, 124(2), 627-633. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.086
- Plessas, S. (2021). Innovations in Sourdough Bread Making, *Fermentation*, 7(1), 29. doi: 10.3390/fermentation7010029
- Rahsmi, B. S., Gayathri, D., Vasudha, M., Prashantkumar, C. S., Swamy, C. T., Sunil, K. S., Somaraja, P. K., Prakash, P. (2020). Gluten hydrolyzing activity of *Bacillus* spp isolated from sourdough, *Microbial Cell Factories*, 19(1), 130. doi: 10.1186/s12934-020-01388-z
- Rizzello, C. G., Portincasa, P., Montemurro, M., Di Palo, D. M., Lorusso, M. P., De Angelis, M., Bonfrate, L., Genot, B., Gobbetti, M. (2019). Sourdough Fermented Breads are More Digestible than Those Started with Baker's Yeast Alone: An In Vivo Challenge Dissecting Distinct Gastrointestinal Responses, *Nutrients*, 11(12), 2954. doi: 10.3390/nu11122954
- Rizzello, C. G., Montemurro, M., Gobbetti, M. (2016). Characterization of the Bread Made with Durum Wheat Semolina Rendered Gluten Free by Sourdough Biotechnology in Comparison with

- Commercial Gluten-Free Products, *Journal of Food Science*, 81(9), 2263-2272. doi: 10.1111/1750-3841.13410
- Rolim, M. E., Fortes, M. I., Frankenberg, A. V., Duarte, C. K. (2022). Consumption of sourdough bread and changes in the glycemic control and satiety: A systematic review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Taylor and Francis, doi: 10.1080/10408398.2022.2108756
- Rollan G., Gerez, C. L., Dallagnol, A. M., Torino, M. I., Font, G. (2010). *Update in bread fermentation by lactic acid bacteria. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology* (Ed. Mendez-Vilas, A.) 2. Basım, Formatex, İspanya, s. 1168-1174. ISBN-13: 978-84-614-6195-0
- Saeed, M., Raza, M. S., Randhawa, M., Shabbir, M. A., Ahmad, S. (2017). Volatiles formation by single strain starters of indigenously isolated lactic acid bacteria in Sourdough, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54(1), 161-169. doi: 10.21162/PAKJAS/17.5103
- Sakandar, H. A., Hüseyin, R., Kubow, S., Sadık, F. A., Huang, W., İmran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13883. doi: 10.1111/jfpp.13883
- Scherf, K. A., Wieser, H., Koehler, P. (2018). Novel approaches for enzymatic gluten degradation to create high-quality gluten-free products, *Food Research International*, 110(1), 67-72. doi: 10.1016/j.foodres.2016.11.021
- Siepmann, F. B., Ripari, V., Waszczynskyj, N., Spier, M. R. (2018). Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing, *Food Bioprocess Technology*, 11(1), 242-270. doi: 10.1007/s11947-017-1968-2
- Siepmann, F. B., Sousa de Almeida, B., Waszczynskyj, N., Spier M. R. (2019). Influence of temperature and of starter culture on biochemical characteristics and the aromatic compounds evolution on type II sourdough and wheat bread, *LWT - Food Science and Technology*, 108(1), 199-206. doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.065
- Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, M-C., Riediker, S. (2002). Acrylamide from Maillard reaction products, *Nature*, 419, 449-450.
- Suo, B., Chen, X., Wang, Y. (2021). Recent research advances of lactic acid bacteria in sourdough: origin, diversity, and function, *Current Opinion in Food Science*, 37(1), 66-75. doi: 10.1016/j.cofs.2020.09.007
- Teleky, B.E., Martău, A.G., Ranga, F., Chețan, F., Vodnar, D.C. (2020). Exploitation of lactic acid bacteria and Baker's yeast as single or multiple starter cultures of wheat flour dough enriched with soy flour. *Biomolecules*, 10(1), 778. doi: 10.3390/biom10050778
- Wang, Y. H., Yang, Y. Y., Li, H. Q., Zhan, Q. D., Xu, F., Li, Z. J. (2021). Characterization of aroma-active compounds in steamed breads fermented with Chinese traditional sourdough, *LWT - Food Science and Technology*, 152(1), 112347. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112347
- Warburton, A., Silcock, P., Eyres, G. T. (2022). Impact of sourdough culture on the volatile compounds in wholemeal sourdough bread, *Food Research International*, 161(1), doi: 10.1016/j.cofs.2018.02.009
- Xi, J., Xu, D., Wu, F., Jin, Z., Yin, Y., Xu, X. (2020). The aroma compounds of Chinese steamed bread fermented with sourdough and instant dry yeast, *Food Bioscience*, 38(1), 100775. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100775
- Xu, D., Zhang, H., Xi, J., Jin, Y., Chen, Y., Guo, L., Jin, Z., Xu, X. (2020). Improving bread aroma using low-temperature sourdough fermentation, *Food Bioscience*, 37(1), 100704. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100704
- Yan, Y. L., Hu, Y., Ganzle, M. G. (2018). Prebiotics, FODMAPs and dietary fiber — conflicting concepts in development of functional food products?, *Current Opinion in Food Science*, 20(1), 30-37. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111885
- Yan, B., Sadiq, F. A., Cai, Y., Fan, D., Zhang, H., Zhao, J., Chen, W. (2019). Identification of Key Aroma Compounds in Type I Sourdough-Based Chinese Steamed Bread: Application of

Untargeted Metabolomics Analysis, *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), 818. doi: 10.3390/ijms20040818

Yıldız, B. (2020). Taze Meyvelerden Elde Edilen Ekşi Mayaların Ekmeklerin Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 90 s.

Yıldırım, R. M., Arıcı, M. (2019). Effect of the fermentation temperature on the degradation of phytic acid in whole-wheat sourdough bread, *LWT – Food Science and Technology*, 112(1), 108224. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.122

Zahra, A., Farooq, U., Saeed, M. T., Qudsoos, M. Y., Hameed, A., Iftikhar, M. Noreen, A., Mahvish, S., Bukhari, S. R., Naqvi, S. N., Chaudhry, F., Rafique, A. (2022). Enhancement of sensory attributes and mineral content of Sourdough

bread by means of microbial culture and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), *Food Chemistry Advances*, 1(1), 100094. doi: 10.1016/j.focha.2022.100094

Zhang, G., Wu, T., Sadiq, F., Yang, H., Liu, T., Ruan, H. ve He, G. (2016). A study revealing the key aroma compounds of steamed bread made by Chinese traditional sourdough, *Journal of Zhejiang University Science B*, 17(1), 787-797. doi: 10.1631/jzus.B1600130

Zhang, G., Tu, J., Sadiq, F., Zhang, W., Wang, W. (2019). Prevalence, genetic diversity and technological functions of *Lactobacillus sanfranciscensis* in sourdough: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1209-1226. doi: 10.1111/1541-4337.12459





**EFFICACY OF VINEGAR, THYME WATER AND vB\_EcoM-P34 PHAGE IN  
INHIBITING *Escherichia coli* O157:H7 IN LETTUCE**

**Tuba Sakin Şahin<sup>1\*</sup>, Rabia Erol<sup>2</sup>, Zeliha Yıldırım<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Niğde Ömer Halisdemir University, Bor Vocational School, Department of Food Processing, Niğde, Turkey

<sup>2</sup>Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Niğde, Turkey

Received /Geliş: 28.03.2023; Accepted / Kabul: 15.06.2023; Published online / Online baskı: 20.07.2023

Şahin Sakin T., Erol, R., Yıldırım, Z. (2023). Efficacy of vinegar, thyme water and vB\_EcoM-P34 phage in inhibiting *Escherichia coli* O157:H7 in lettuce. GIDA (2023) 48 (4) 772-783 doi: 10.15237/gida.GD23044

Şahin Sakin T., Erol, R., Yıldırım, Z. (2023). Sirke, kekik suyu ve vB\_EcoM-P34 fajının marulda *Escherichia coli* O157:H7'nin inhibe edilmesi üzerine etkinliği. GIDA (2023) 48 (4) 772-783 doi: 10.15237/gida.GD23044

**ABSTRACT**

The antibacterial activity of thyme water, apple vinegar, grape vinegar, and vB\_EcoM-P34 phage against *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 35150 and their potential to be utilized for decontamination on lettuce were examined in this study. Lettuce samples were treated with thyme water, apple or grape vinegar solutions (10, 25, 50%), vB\_EcoM-P34 phage (about 10<sup>8</sup> PFU/mL) or tap water for 30 min after inoculation of lettuce with *E. coli* O157:H7 at the level of 5.66 log. Depending on the concentration, vinegars and thyme water reduced the bacterial count in lettuce by between 0.78 and 2.69 logs. The most effective reduction was achieved by treatment with vB\_EcoM-P34 at 3.23 log. Bacteriophage was the most suitable method for decontamination, followed by grape vinegar, apple vinegar, and thyme water at 50%. However, high concentrations of vinegars and thyme water caused a sharp odor and a slight lightening in the color of the lettuce.

**Key words:** Acetic acid, bacteriophage, thyme water, *E. coli* O157:H7, lettuce

**SİRKE, KEKİK SUYU VE vB\_EcoM-P34 FAJININ MARULDA *Escherichia coli* O157:  
H7'nin İNHİBE EDİLMESİ ÜZERİNE ETKİNLİĞİ**

**ÖZ**

Bu çalışmada kekik suyu, elma sirkesi, üzüm sirkesi ve vB\_EcoM-P34 fajının *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 35150'ye karşı antibakteriyel aktivitesi ve marulda aynı bakteriye karşı dekontaminasyon için kullanılma potansiyeli incelenmiştir. Marul örnekleri, 5.66 log düzeyindeki *E. coli* O157:H7 ile inoküle edildikten 30 dakika sonra kekik suyu, elma sirkesi, üzüm sirkesi (%10, %25, %50), vB\_EcoM-P34 fajı (10<sup>8</sup> POB/mL) ve musluk suyu ile yıkanmıştır. Konsantrasyona bağlı olarak elma sirkesi, üzüm sirkesi ve kekik suyu maruldaki bakteri sayısını 0.78 ve 2.69 log arasında azaltmıştır. Bakteri sayısında en etkili azalma 3.23 log olarak vB\_EcoM-P34 fajı ile muamele sonucu elde edilmiştir. Marulda dekontaminasyon için bakteriyofaj uygulaması en uygun yöntem olarak belirlenirken bunu sırasıyla %50 konsantrasyonda hazırlanan üzüm sirkesi, elma sirkesi ve kekik suyu izlemiştir. Fakat yüksek konsantrasyonda uygulanan sirkeler ve kekik suyu marulda keskin bir koku ve hafif düzeyde renk açılmasına neden olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Asetik asit, bakteriyofaj, kekik suyu, *E. coli* O157:H7, marul

\* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: tuba.sakin@ohu.edu.tr

☎: (+90) 388 225 2304

☎: (+90) 388 311 8437

Tuba Sakin Şahin; ORCID no: 0000-0002-0597-1872

Rabia Erol; ORCID no: 0009-0005-0906-0944

Zeliha Yıldırım; ORCID no: 0000-0002-6155-6921

### INTRODUCTION

Raw vegetables have a significant part in our diet due to their high fiber and nutrient content. However, such foods can be contaminated with pathogenic and toxigenic microorganisms such as *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *E. coli* O104:H4, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes* during processes including harvesting, transporting, processing, and marketing. Lettuce consumed raw and used in the preparation of various salads almost all over the world is among the risky food groups due to possible pathogenic bacterial contamination. The surface of lettuce is conducive to the growth of enteric pathogens. Lettuce has been noted to be a common source of outbreaks and is most often contaminated with *E. coli* O157:H7 (Elias et al., 2019; Turner et al., 2019). Pathogens and/or toxins are transmitted directly to humans when poorly washed vegetables are consumed and can cause serious health problems. Surface decontamination in raw products is crucial for the shelf life of products, product safety and human health (Sethi et al., 2020).

Several studies have shown that using only water may not be adequate to reduce the microbial load in raw vegetables like lettuce, and living bacteria may still be present on the surface of the vegetable (Gülmez et al., 2006; Poimenidou et al., 2016). Chlorine, chlorine dioxide, ozone, peroxyacetic acid, hydrogen peroxide, and trisodium phosphate are disinfectants commonly used in the decontamination of vegetables. However, there are various restrictions on their use, and some of them are prohibited by legal regulations (Chinchkar et al., 2022). In addition, consumers do not take kindly to the use of chemicals in foods. These factors have made using decontamination products of natural origin more popular. The potentials of using vinegar types, lemon juice, thyme water, extracts of some other plants (rosemary, rose, clove, etc.) and essential oils in the decontamination of vegetables are being investigated. Also, bacteriophages are another natural antimicrobial agent that can be used for decontamination of vegetables. Successful results regarding the effect of bacteriophages against foodborne pathogens

have been reported by various researchers in recent years (Guo et al., 2021; Yamaki et al., 2022, Zhang et al., 2023; Wojcicki et al., 2023). vB\_EcoM-P34 phage isolated from slaughterhouse waste water had lytic activity against different *E. coli* O157:H7 serovars (Yıldırım et al., 2018; Yıldırım et al., 2021).

*E. coli* O157:H7 is an important pathogen that causes diseases such as diarrhea, hemorrhagic colitis, hemolytic uremic syndrome, and thrombotic thrombocytopenic purpura in humans. The transmission routes of this bacterium are mostly considered to be poultry, livestock, and meat products obtained from them, but vegetables such as baby spinach, carrots, cabbage, lettuce and tomatoes have also been associated with *E. coli* O157:H7 infections (Puligundla and Lim, 2022; Singha et al., 2023). Due to the fact that it is a healthy alternative, consumers prefer salads made with raw vegetables in their daily diet, so they are likely to encounter this pathogen frequently.

This study was designed to reveal the antibacterial effect of apple vinegar, grape vinegar, thyme water, and bacteriophage against *E. coli* O157:H7 and to determine whether they provide an effective decontamination on raw lettuce.

### MATERIALS AND METHODS

#### Bacterial strain and bacteriophage

vB\_EcoM-P34 phage specific for *E. coli* O157:H7 ATCC 35150 (Yıldırım et al., 2018; Yıldırım et al., 2021) and the bacteria *E. coli* O157:H7 ATCC 35150 were taken from our culture collection. *E. coli* O157:H7 was grown in brain heart infusion broth (BHI) (Lab M, Lancashire, UK) and stored at -80°C in BHI broth with 20% glycerol. For preparation of the bacteriophage, nutrient broth (Lab M, Lancashire, UK) was used.

#### Preparation of vinegar and thyme water samples

Apple and grape vinegar used for decontamination was purchased from a local market in Niğde. The acetic acid content of both vinegars is stated as 4-5% in the label information and there are antioxidant sodium metabisulfite,

sulfur dioxide in the vinegars. Thyme water, on the other hand, was purchased online and it was stated in the label information that its content was 100% thyme water. Solutions of different concentrations (10%, 25% and 50%) of apple vinegar, grape vinegar and thyme water to be used in the study were prepared using sterile water. Prepared solutions (10 mL) were taken and the pH values were measured with a digital pH meter (Hanna, HI 2211).

#### **Preparation of vB\_EcoM-P34 bacteriophage infecting *E. coli* O157:H7 ATCC35150**

For phage preparation, phage sample (200 µL) and test bacteria *E. coli* ATCC 35150 (200 µL) were added to nutrient soft agar (0.7% agar) at 45-50 °C. Then the soft agar spread on petri dishes containing solidified Nutrient agar and left to incubate at 35°C for 24 hours. At the end of the incubation, soft agar was stripped from the surface of the petri dish with a Drigalski loop using SM buffer. The collected soft agar was kept at 25 °C for 1 hour in the shaking incubator. At the end of the period, it was centrifuged (25 min at 8000 × g) and the agar was removed. The phage containing filtrate obtained was passed through a membrane filter (0.45 µm pore diameter) and purified from *E. coli* ATCC 35150. Titre of the bacteriophage sample was determined by double layer agar and used for decontamination at the level of 10<sup>9</sup> POB/mL in the study.

#### **Determination of antimicrobial activities of vinegar, thyme water, and vB\_EcoM-P34 bacteriophage samples to *E. coli* O157:H7 ATCC 35150**

Spot, disc diffusion, and well diffusion methods were used to determine the antibacterial activities of thyme water, bacteriophage, apple and grape vinegar samples against *E. coli* O157:H7 ATCC 35150. Antimicrobial activity of vinegar and thyme water samples prepared by diluting 10, 25, and 50% and without any dilution (100%), and vB\_EcoM-P34 at 10<sup>9</sup> POB/mL were determined. Actively growing *E. coli* ATCC 35150 culture (20 µL) was added to nutrient soft agar (0.7%), mixed, and poured onto nutrient agar (1.5% agar) previously prepared.

#### **Spot method**

Vinegar, thyme water, and bacteriophage samples (20 µL) were taken and dropped onto the nutrient soft agar (0.7%) containing the test bacteria and incubated at 35°C for 24 hours.

#### **Disc diffusion method**

Sterile discs (Oxoid Antimicrobial Susceptibility Test Discs- 6 mm diameter) were placed in tubes containing 5 mL of vinegar, thyme water or bacteriophage and kept for 15 minutes to allow the decontamination solutions to absorb. Then, the discs were placed on the nutrient soft agar (0.7%) containing the test bacteria and incubated at 35°C for 24 hours.

#### **Well diffusion method**

Wells (6 mm diameter) were opened on soft nutrient agar containing *E. coli* O157:H7 using a reverse end of sterile Pasteur pipette, and 50 µL of the prepared vinegar, thyme water, and bacteriophage solutions were added to these wells. All petri dishes were incubated at 35 °C for 24 hours.

#### **Preparation of lettuce samples**

Lettuce samples used in the study were obtained daily from a local market in Niğde. Outer leaves of the lettuce samples were discarded, the remaining lettuce leaves were washed first with tap water and then with sterile distilled water. Excess water from lettuce samples was removed with paper towels, and lettuce leaves were kept in Biological safety cabinet under UV light for 1 hour. In order to provide a homogeneous sample; the middle vein parts of the lettuce with obvious structural differences were discarded using a sterile knife, and only the green parts were used for analysis. Lettuce samples prepared in 10 g pieces were placed in sterile petri dishes.

#### **Inoculation of lettuce samples with *E. coli* O157:H7**

*E. coli* O157:H7 ATCC 35150 culture (100 µL) with a cell number of approximately 10<sup>8</sup> CFU/mL was inoculated at several different points on the prepared lettuce samples. Bacteria inoculated lettuce samples were kept in the refrigerator overnight and *E. coli* O157:H7 cells were allowed

to adhere to the lettuce surface. The lettuce sample was covered with 30 mL (10%, 25%, 50% prepared) thyme water, apple, and grape vinegar, bacteriophage, and also tap water. Lettuce samples were kept in decontamination solutions for 30 min and at the end of this period, each sample was removed from the solutions. Lettuce samples were taken into a stomacher bag and homogenized in stomacher. Dilutions were prepared from the samples and the *E. coli* O157:H7 number was determined using BHI agar.

**Effects of decontamination solutions on color of lettuce**

Color analysis was performed using the Konica Minolta Chromameter CR400 (Japan) at at least three different points on lettuce samples that had been decontaminated and those that had not. Before measurements, the device was calibrated using its own standard, the white color plate.

**Statistical analysis**

The experiment was carried out in five replications. All data obtained as a result of the research were analyzed using the SPSS 10 package program. Duncan test was used to compare the means.

**RESULTS AND DISCUSSION**

**pH values of vinegar and thyme water samples**

The pH values of apple and grape vinegar and thyme water were found to be 3.10, 3.09 and 3.99, respectively (Table 1). Although it was not statistically significant ( $P>0.05$ ), it was seen that the pH values of the thyme water, apple, and grape vinegar samples increased relatively as the dilution rate increased.

**Antimicrobial activities of vinegar, thyme water and vB\_EcoM-P34 bacteriophage against *E. coli* O157:H7**

Vinegar is a product obtained as a result of the conversion of fermentable sugars to ethanol by yeasts and then the oxidation of this ethanol by acetic acid bacteria (Gökırmaklı et al., 2019). Organic acids, especially acetic acid in vinegar, pass through the cell membrane and cause the

death of the target bacterial cell (Bjornsdottir et al., 2006). Acetic acid was determined to be the most efficient organic acid against *E. coli* O157:H7 (Entani et al., 1998).

To evaluate the antibacterial activity of apple and grape vinegar; disc diffusion, well diffusion and spot method were used. It was determined that there was no clear zone against *E. coli* O157:H7 in apple and grape vinegar samples by spot and well diffusion methods. However, it was determined that the bacterial load decreased (turbid zone formation) with the 25%, 50% and 100% concentrations of samples (Fig. 1). Turbid zone diameters for apple and grape cider vinegar were determined to vary between 11.00-18.25 and 13.00-18.50 mm in the spot method, and between 12.25-20.25 and 14.50-19.25 mm in the well diffusion method, respectively (Table 2).

Table 1. pH values of apple vinegar, grape vinegar and thyme water samples

| Sample             | pH        |
|--------------------|-----------|
| 10% Apple vinegar  | 3.30±0.01 |
| 25% Apple vinegar  | 3.20±0.01 |
| 50% Apple vinegar  | 3.15±0.01 |
| 100% Apple vinegar | 3.10±0.01 |
| 10% Grape vinegar  | 3.30±0.01 |
| 25% Grape vinegar  | 3.20±0.01 |
| 50% Grape vinegar  | 3.15±0.01 |
| 100% Grape vinegar | 3.09±0.01 |
| 10% Tyhme water    | 4.34±0.02 |
| 25% Tyhme water    | 4.17±0.02 |
| 50% Tyhme water    | 4.08±0.01 |
| 100% Tyhme water   | 3.99±0.01 |

In disc diffusion method, apple and grape vinegar at concentrations of 10, 25, 50, and 100% caused a decrease in cell density of *E. coli* O157:H7 as well as the formation of clear zones (Fig. 1). The total zone size including the turbid zone was found to vary between 9.0- 17.0 mm in apple vinegar samples and 9.50- 20.0 mm in grape vinegar samples (Table 2). The reason why clear inhibitory zone formation is observed in the disc diffusion method is thought to be due to the absorption of the tested samples by the disc and intensive application at a certain point. In the well diffusion and spot methods, the samples tested

are spread over a wide area, their concentration decreases, and their inhibitory effect weakens (Fig. 1). The results showed that grape vinegar had slightly better antimicrobial activity than apple vinegar. The quality of the vinegar is affected by many factors such as the origin of the fruit, environmental conditions, production methods, processing, and storage conditions

(Ousaaid et al., 2021). The difference in organic acids and polyphenols contained in each type of vinegar leads to a variation in antimicrobial activity. It has been noted in previous literature that apple vinegar generally contains fewer polyphenols than other fruit vinegars (Kara et al., 2022).

Table 2. Antibacterial activity of apple vinegar, grape vinegar, thyme water and bacteriophage samples

| Samples  | Spot                     |             | Disc diffusion           |             | Well                     |             |
|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|          | Inhibition zone diameter |             | Inhibition zone diameter |             | Inhibition zone diameter |             |
|          | Clear (mm)               | Turbid (mm) | Clear (mm)               | Turbid (mm) | Clear (mm)               | Turbid (mm) |
| 10% AV   | -                        |             | 7.00±0.02                | 9.00±0.01   | -                        | -           |
| 25% AV   | -                        | 11.00±0.03  | 7.50±0.01                | 10.50±0.02  | -                        | 12.25±0.02  |
| 50% AV   | -                        | 14.00±0.01  | 8.50±0.01                | 13.75±0.01  | -                        | 16.75±0.04  |
| 100% AV  | -                        | 18.25±0.05  | 10.00±0.02               | 17.00±0.03  | -                        | 20.25±0.06  |
| 10% GV   | -                        | -           | 7.00±0.01                | 9.50±0.01   | -                        | -           |
| 25% GV   | -                        | 13.00±0.02  | 7.75±0.01                | 13.00±0.03  | -                        | 14.50±0.03  |
| 50% GV   | -                        | 12.00±0.03  | 8.50±0.02                | 15.50±0.04  | -                        | 16.00±0.02  |
| 100% GV  | -                        | 18.50±0.06  | 10.75±0.01               | 20.00±0.04  | -                        | 19.25±0.05  |
| 10% TW   | -                        | -           | -                        | -           | -                        | -           |
| 25% TW   | -                        | -           | -                        | -           | -                        | -           |
| 50% TW   | -                        | -           | -                        | -           | -                        | -           |
| 100% TW  | -                        | 8.50        | 8.50±0.01                | 9.50±0.01   | -                        | -           |
| EcoM-P34 | 21.75±0.12               | -           | 14.00±0.10               | -           | 12.00±0.09               | -           |

AV, Apple Vinegar      GV, Grape Vinegar      TW, Thyme water

Aromatic water taken as a by-product during the distillation processes applied to obtain thyme oil is called “thyme water”. In a study examining the composition of thyme waters in the Turkish market, it was stated that the main components of thyme waters were carvacrol (49.0-94.5%), timol (1.9-18.7%) and linalool (0.5-12.8%) (Boydağ et al., 2004). Carvacrol and thymol are reported to have antimicrobial, antiviral, antioxidant, antimutagenic, and anti-inflammatory activity (Nabavi et al., 2015). In the study, it was observed that thyme water samples prepared at 10, 25 and 50% concentrations did not form a clear inhibition zone by spot or well method, and they did not cause any decrease in bacterial density (Fig. 1). A decrease in cell density was determined in the sample where 100% thyme water was applied by spot method only. In addition, thyme

water used at 10%, 25% and 50% did not give rise to a visible inhibition against *E. coli* O157:H7 by disc diffusion method. When used at 100%, it resulted in the formation of a clear inhibition zone with a diameter of 8.50 ±0.01mm (Table 2). Studies examining the antibacterial activity of thyme against *E. coli* and *E. coli* O157:H7 revealed that the inhibition zone ranged from 0 to 35 mm. Although the inhibition zones obtained in some of these studies are similar in size to those in our study (8.5–9.5 mm) (Albayrak et al., 2012). The results in the literature suggest that the extraction method of antimicrobial components and the test method used have an effect on the determination of the antimicrobial effect of thyme (Sağdıç 2003; Benli and Yiğit, 2005; Sarac and Ugur, 2008, Gonelimali et al., 2018; Qureshi et al., 2022).

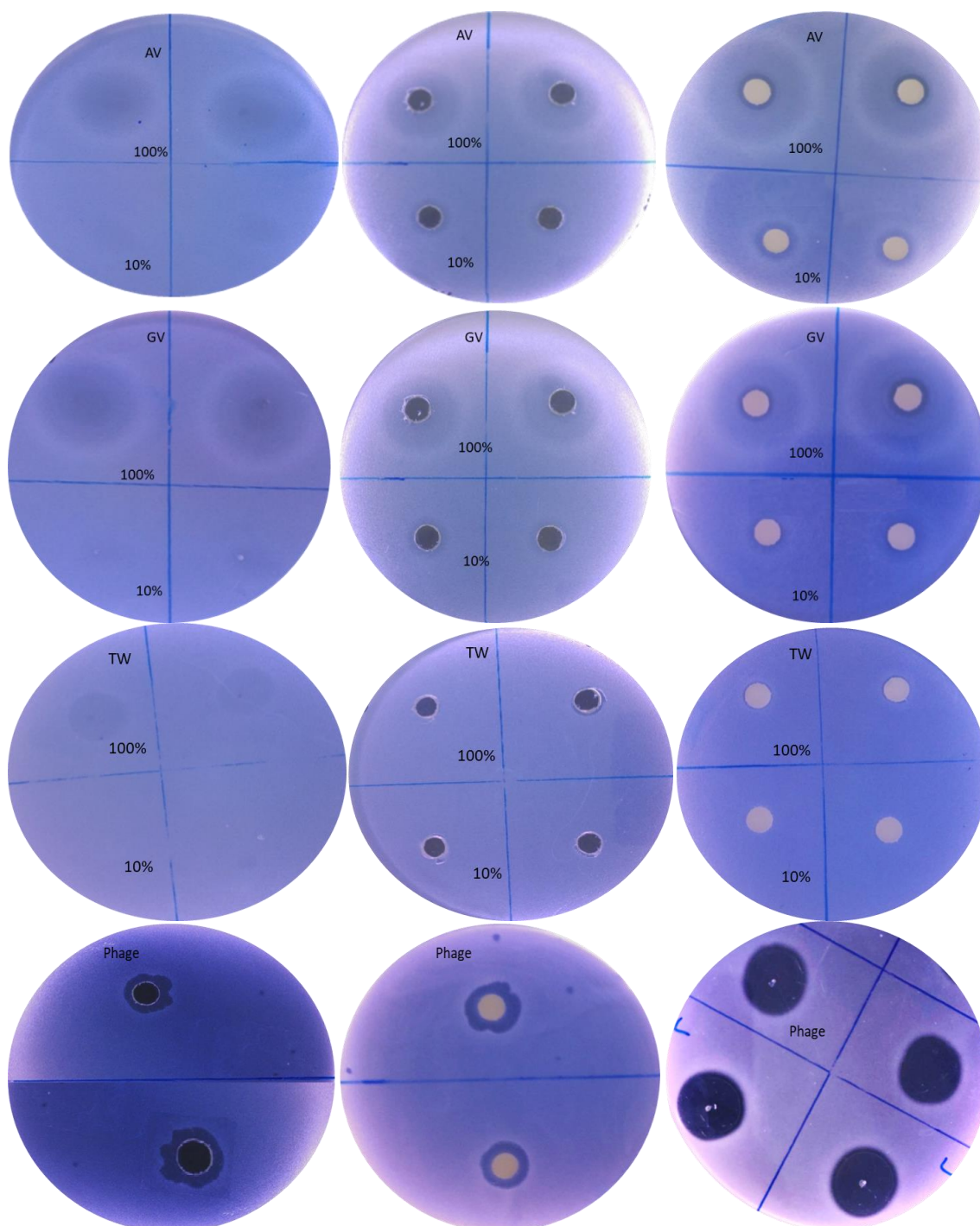


Fig. 1. Antibacterial activity of decontamination solution against *E. coli* ATCC 35155 by using spot, well and disc diffusion methods. AP, apple vinegar; GV, grape vinegar; TW, thyme water.

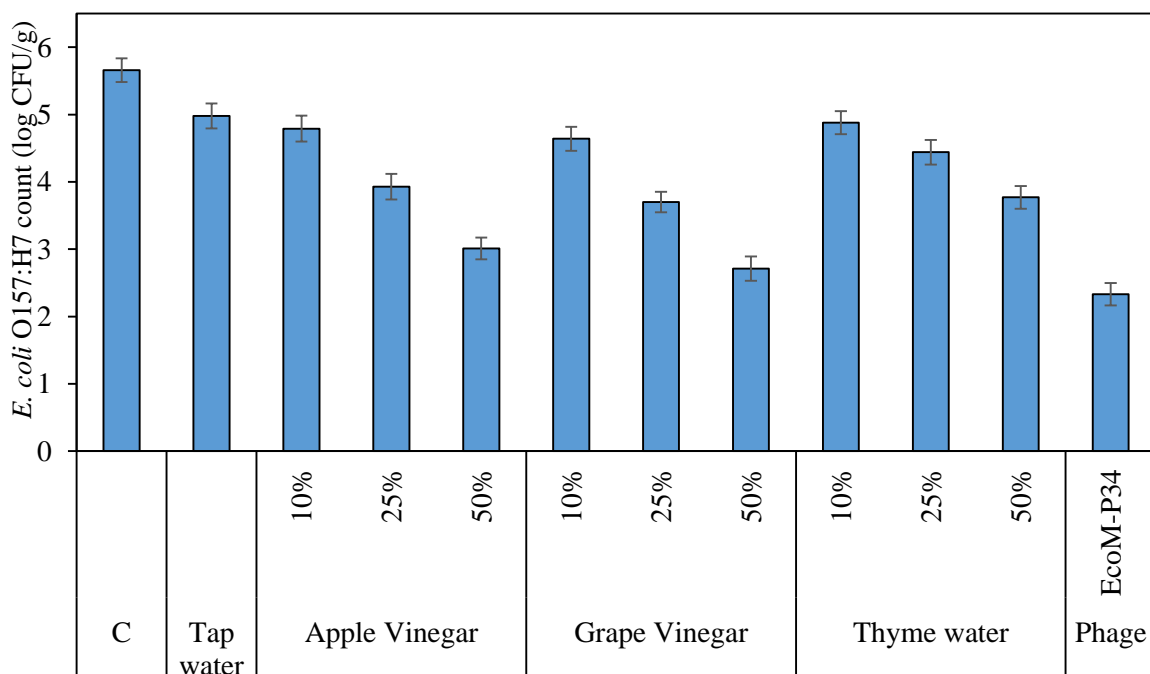
Bacteriophages or phages are viruses that only infect bacteria and can reproduce inside the host bacterial cell (Strauch et al., 2007). They show their antibacterial effects by lysing bacterial cells. vB\_EcoM-P34 bacteriophage caused clear inhibition zone against *E. coli* O157:H7 in three antimicrobial activity tests, spot, agar well and disc diffusion methods (Fig. 1). The diameters of the clear zones formed by the spot, disc diffusion and agar well methods were 21.75, 14.00 and 12.00 mm, respectively (Table 2). Like the results of vinegar and thyme water, the spot method was the most suitable method for determination antibacterial activity of the phage. Unlike vinegar and thyme water, the vB\_EcoM-P34 phage continued to exert its inhibitory effect while spreading over a wider area.

**Antimicrobial effect of vinegar, thyme water and vB\_EcoM-P34 bacteriophage against *E. coli* O157:H7 in lettuce**

The level of *E. coli* O157:H7 inoculated and attached to lettuce samples was found to be 5.66 log CFU/g. It was observed that there was a decrease of 0.87, 1.73 and 2.65 log CFU/g in the number of *E. coli* O157:H7 in the lettuce samples

applied with 10%, 25% and 50% apple cider vinegar, respectively, and a decrease of 1.02, 1.96 and 2.95 log CFU/g in the samples applied with grape vinegar at the same concentration (Fig. 2). Thyme water at the same ratios caused a decrease in the number of *E. coli* O157:H7 at the level of 0.78, 1.22 and 1.89 log CFU/g, respectively. Although grape vinegar caused a slightly more reduction in the number of bacteria than apple vinegar, there was no statistically significant difference between the two ( $P>0.05$ ). However, there was a significant difference between vinegar applications and thyme water applications ( $P<0.05$ ). vB\_EcoM-P34 phage caused a 3.33 log CFU/g decrease in the bacterial count, and therefore it was the best decontamination method (Fig. 2). Washing with tap water was the worst among the decontamination methods since the *E. coli* O157:H7 count was decreased only by 0.68 log CFU/g after washing (Fig. 2). According to the results obtained, it can be said that the most effective decontamination method is bacteriophage, followed by prepared apple cider vinegar, grape vinegar and thyme water (prepared at 50% rate). It is also understood thyme water is not as effective as apple and grape vinegar.

Fig. 2. Inhibitory effect of decontamination methods against *E. coli* O157:H7 in lettuce. C, control





Numerous studies have reported successful results in reducing the number of bacteria in lettuce treated with vinegar (Şengün and Karapınar, 2006; Chang and Fang, 2007). It has been reported that the number of bacteria in lettuce contaminated with *E. coli* O157:H7 exposed to vinegar for various period of time decreased between 2.5 and 3.9 log (Santos et al., 2009; Poimenidou et al., 2016). Gülmez et al. (2006) could not detect *E. coli* when they kept the parsley samples in undiluted thyme water and vinegar for 1 minute. Considering these results, the decrease in the number of *E. coli* O157:H7 was similar to the literature. In a study by Elhan (2014), when carrot, cucumber and lettuce samples contaminated with *E. coli* were exposed to a solution containing 3% vinegar (0.14% acetic acid) for 30 minutes, a decrease of at least 1 log unit was observed in the number of bacteria. In studies conducted to determine the antimicrobial effect of thyme essential oil solutions on fresh vegetables, it was determined that the effect of thyme solution was less than the other methods tested (chlor dioxide, ozone, lactic acid, chlorinated water) (Singh et al., 2002; Uyttendaele et al., 2004). Different findings were achieved in investigations on the efficiency of bacteriophages in reducing the amount of *E. coli* O157:H7 in lettuce, depending on the application conditions of the phage, but phage was found to be effective in all of them (Carter et al., 2012; Boyacioglu et al., 2013; Ferguson et al., 2013; Duc et al., 2020; Lu et al., 2022). Bacteriophage washing was found to be successful and more efficient than other decontamination methods in this study.

The percentage of vinegar and thyme water that we obtained successful results in our study is high. In the literature, it is seen that vinegar and thyme water are prepared and used in different concentrations or used undiluted (Poimenidou et al., 2016; Nthenge and Liu, 2019). It has been determined in some studies that high concentration applications are successful in inhibiting bacteria, but they have a disadvantage such as causing a change in the sensory character of the applied product. Uyttendaele et al. (2004) reported that thyme essential oil solutions affected sensory properties of fresh vegetables.

The samples washed with 50% apple vinegar, grape vinegar, and thyme water had an intense smell of vinegars and thyme. Similar results for parsley and lettuce were reported by Wu et al. (2000), Gülmez et al. (2006), Chang and Fang, (2007). Thyme water and vinegar can be considered as easily available products with affordable prices. The use of vinegar and thyme water in high concentrations can also increase the application cost. For these reasons, the relationship between the use of high concentrations of vinegar or thyme water as a washing solution and consumer acceptance needs to be investigated further.

Bacteriophages are suitable option for the decontamination of fresh fruits and vegetables that are not cooked before eating and are sold ready for consumption (washed-sliced). They are also natural antimicrobial source like vinegar and thyme juice. According to our results, the vB\_EcoM-P34 phage was more successful in inhibiting bacteria than other treatments. However, phages are not widely used yet, and they do not have practical applications in the home environment. Commercial phage preparations are permitted to be used for biosanitation, biocontrol, and bioprotection purposes in a number of countries under legal regulations (Wojcicki et al., 2023). ListShield™ (Intralytix, Baltimore, MD, USA), PhageGuard L™ (formerly Listex™) (Micros Food Safety B.V., Wageningen, The Netherlands), EcoShield™ (Intralytix) and SalmoFresh™ (Intralytix) are examples of commercial phage preparations approved for use by the FDA (Svircev et al., 2018). The number of phages approved for use based on the results of scientific research is increasing day by day.

### **Effect of vinegar, thyme water and vB\_EcoM-P34 bacteriophage on the color of lettuce**

The color of lettuce is one of the criteria that plays an important role in the appeal of lettuce and consequently in consumer appreciation. The color values ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) of lettuce samples with and without decontamination processes are presented in Table 3. In the measurements made using Hunter method,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values were determined according to the CIE color system. In



this color system, L\* stands for brightness and its value is between 0 (black) and 100 (white), a\* value represents the red-green color and the b\* value represents the yellow-blue color values. As seen Table 3, the L\* and a\* values of the samples treated with apple vinegar, grape vinegar and thyme water decreased and b\* values increased after the application. The most effective

decontamination method on color change was grape vinegar, followed by apple cider vinegar and thyme juice. The L\*, a\* and b\* values of the lettuce samples changed more with increasing their application concentrations. There was no significant change in L\*, a\* and b\* values in lettuce samples treated with bacteriophage and washed only with tap water ( $P>0.05$ ).

Table 3. Effect of decontamination methods on lettuce color

| Samples           | L*          | a*           | b*          |
|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| Control           | 74.31±0.24  | -17.62±0.29  | 32.78±0.35  |
| 10% Apple vinegar | 71.26±0.07  | -14.43±0.24  | 33.58±0.07  |
| 25% Apple vinegar | 68.32±0.55* | -11.34±0.07* | 36.39±0.57* |
| 50% Apple vinegar | 59.11±0.42* | -10.12±0.20* | 38.25±0.55* |
| 10% Grape vinegar | 69.98±0.34* | -13.07±0.16* | 33.94±0.17  |
| 25% Grape vinegar | 66.99±0.47* | -11.29±0.48* | 36.46±0.20* |
| 50% Grape vinegar | 57.67±0.44* | -7.42±0.14*  | 38.28±0.05* |
| 10% Tyhme water   | 72.31±0.14  | -14.14±0.09* | 33.38±0.13  |
| 25% Tyhme water   | 70.22±0.08  | -12.68±0.32* | 35.49±0.07  |
| 50% Tyhme water   | 68.16±0.10* | -10.72±0.50* | 37.26±0.21* |
| vB_EcoM-P34       | 74.16±0.05  | -17.62±0.19  | 32.63±0.07  |
| Tap water         | 73.18±0.17  | -17.55±24    | 32.77±0.09  |

\* Significant differences ( $P < 0.05$ ) between control samples and decontamination solutions

The findings of Poimenidou et al. (2016) in terms of colour similar to our investigation. They reported that when lettuce samples were kept in vinegar for 5 minutes, the samples tended to look redder. They also determined that the thyme water caused the color of the lettuce to appear yellow. On the other hand, the results of our colour measurements are supporting the acceptance that bacteriophages do not change the color of food (Wang et al., 2022).

## CONCLUSION

In the present study, the inhibitory effects of vB\_EcoM-P34 bacteriophage and solutions prepared from apple vinegar, grape vinegar and thyme water at different concentrations against *E. coli* O157:H7 were determined by spot, disc diffusion, and well diffusion method. According to the results, it can be said that the most appropriate method for determining the inhibitory effect for thyme water, apple and grape

vinegar is the disc diffusion method, and the spot method for vB\_EcoM-P34 phage. In addition, the most effective method for inhibiting *E. coli* O157:H7 35150 in lettuce was vB\_EcoM-P34, followed by 50% grape vinegar, 50% apple cider vinegar and 50% thyme juice. Thyme water is not as effective a decontamination method as apple and grape cider vinegar. The application of grape vinegar, apple vinegar and thyme water at 50% concentration caused changes in the color of the lettuce, and the smell of vinegars and thyme was dominant in the samples. However, no change was observed in the color and odor of the lettuce samples treated with the vB\_EcoM-P34 phage.

Thyme water and especially vinegar applications are the first reliable methods that come to mind for surface decontamination of fruits and vegetables in the home environment, as they are easily accessible, easily applicable and natural products. The prevalence of bacteriophage

applications is increasing day by day. Natural agents needed for the decontamination of raw food surfaces continue to be addressed in extensive studies. With our study, we have presented information to support this field.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors have declared no conflict of interest.

#### AUTHORS' CONTRIBUTIONS

The manuscript was written by TŞŞ. ZY and TŞŞ designed the research and interpreted the results. RE performed the experiments.

#### REFERENCES

- Albayrak, S., Aksoy, A. (2012). Essential oil composition and *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities of *Thymus cappadocicus* boiss. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37: 605-614. doi:10.1111/j.1745-4549.2012.00694.x
- Benli, M., Yiğit, N. (2005). Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8): 1-8.
- Bjornsdottir, K., Breidt, Jr.F., McFeeters, R.F. (2006). Protective effects of organic acids on survival of *Escherichia coli* O157:H7 in acidic environments. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(1): 660–664. doi: 10.1128/AEM.72.1.660-664.2006
- Boyacıoğlu, O., Sharma, M., Sulakvelidze, A., Goktepe, I. (2013). Biocontrol of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut leafy greens-using a bacteriophage cocktail in combination with modified atmosphere packaging. *Bacteriophage*, 3(1): e24620, 2013. doi: 10.4161/bact.24620
- Boydağ, İ. (2004). Origanum onites L. (Kekik) yağ altı süyunun uçucu bileşikleri. Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Eskişehir, Türkiye, 175s.
- Carter, C.D., Parks, A., Abuladze, T., Li, M., Woolston, J., Magnone, J., Senecal, A., Kropinski, A.M., Sulakvelidze, A. (2012). Bacteriophage cocktail significantly reduces *Escherichia coli* O157:H7 contamination of lettuce and beef, but does not protect against recontamination. *Bacteriophage*, 2(3):178-185. doi: 10.4161/bact.22825
- Chang, J.M., Fang, T.J. (2007). Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against *E. coli* O157:H7. *Food Microbiology*, 24:745–751. doi:10.1016/j.fm.2007.03.005
- Chinchkar, A.V., Singh, A., Sing, S.V., Acharya, A.M., Kamble, M.G. (2022). Potential sanitizers and disinfectants for fresh fruits and vegetables: A comprehensive review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46:e16495. doi: doi.org/10.1111/jfpp.16495
- Duc, M.H., Son, M.H., Yi, H.P.S., Sato, J., Ngan, P.H., Masuda, Y., Honjoh, K., Miyamoto, T. (2020). Isolation, characterization and application of a polyvalent phage capable of controlling *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 in different food matrices. *Food Research International* 131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108977>
- Elhan, S. (2014). Farklı Sirke Çeşitleri Ve Konsantrasyonlarının Salata Bileşenlerinin Dezenfeksiyonunda Kullanım İmkanlarının Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, Türkiye, 57 s.
- Elias, S.O., Noronha, T.B., Tondo, E.C. (2019). *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 prevalence and levels on lettuce: A systematic review and meta-analysis. *Food Microbiology*, 84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.05.001>
- Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y., Ohta, M. (1998). Antibacterial action of vinegar against food-borne pathogenic bacteria including *Escherichia coli* O157:H7. *Journal of Food Protection*, 61(8): 953-959.
- Ferguson, S., Roberts, C., Handy, E., Sharma, M. (2013). Lytic bacteriophages reduce *Escherichia coli* O157:H7 on fresh cut lettuce introduced through cross contamination. *Bacteriophage*, 3(1): e24323.
- Gökırmaklı, Ç., Budak, H.N., Güzel-Seydim Z.B. (2019). Antimicrobial effect of vinegar. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*,

- 7(10): 1645-1650. doi: doi.org/10.24925/turjaf.v7i10.1635-1640.2708
- Gonelimali, F.D., Lin, J., Miao, W., Xuan, J., Charles, F., Chen, M., Hatab, S.R. (2018). Antimicrobial properties and mechanism of action of some plant extracts against food pathogens and spoilage microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 9:1639. doi: 10.3389/fmicb.2018.01639 9.
- Gülmez, M., Oral, N., Sezer, Ç., Duman, B., Vatsansever, L. (2006). Satış yerlerinden alınan maydanoz örneklerinin kekik suyu ve sirke ile dekontaminasyonu. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 12(1): 41-47.
- Guo, Y., Li, J., Islam, S., Yan, T., Zhou, Y., Liang, L., Connerton, I.F., Deng, K., Li, J. (2021). Application of a novel phage vB\_SalS-LPSTLL for the biological control of *Salmonella* in foods. *Food Research International*, 147. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110492
- Kara, M., Assouguem, A., El Fadili, M., Benmessaoud, S., Alshawwa, S.Z., Al Kamaly, O., Saghrouchni, H., Zerhouni, A.R., Bahhou, J. (2022). Contribution to the evaluation of physicochemical properties, total phenolic content, antioxidant potential, and antimicrobial activity of vinegar commercialized in Morocco. *Molecules*, 27: 770. doi: doi.org/10.3390/molecules27030770
- Lu, Y.T., Ma, Y., Wong, C.W.Y., Wang, S. (2022). Characterization and application of bacteriophages for the biocontrol of Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in Romaine lettuce. *Food Control*, 140. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109109
- Nabavi, S.M., Marchese, A., Izadi, M., Curti, V., Daglia, M., Nabavi, S.F. (2015). Plants belonging to the genus *Thymus* as antibacterial agents: From farm to pharmacy. *Food Chemistry*, 173: 339-347. doi: dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.042
- Nthenge, A.K., Liu, S. (2019). Antimicrobial efficacy of household sanitizers against artificially inoculated *Salmonella* on ready-to-eat spinach (*Spinacia oleracea*). *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 14:105-112. doi: https://doi.org/10.1007/s00003-018-1201-x(0123)
- Ousaaïd, D., Laaroussi, H., Bakour, M., Ennaji, H., Lyoussi, B., El Arabi, I. (2021). Antifungal and antibacterial activities of apple vinegar of different cultivars. *International Journal of Microbiology*, 6. doi: doi.org/10.1155/2021/6087671
- Poimenidou, S.V., Bikouli, V.C., Gardeli, C., Mitsi, C., Tarantilis, P.A., Nychas, G.J., Panagiotis, N., Skandamis, P.N. (2016). Effect of single or combined chemical and natural antimicrobial interventions on *Escherichia coli* O157:H7, total microbiota and color of packaged spinach and lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, 220, 6-18. doi: dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.013
- Puligundla, P., Lim, S. (2022). Biocontrol approaches against *Escherichia coli* O157:H7 in foods. *Foods*, 11, 756. doi: doi.org/10.3390/foods11050756
- Qureshi, W., Saeed, F., Ajaz, M., Rasool, S.A. (2022). *In Vitro* antimicrobial, antibiofilm and antiphage activity of thyme (*Thymus vulgaris*). *Pakistan Journal of Botany*, 54(3): 1121-1128. doi: dx.doi.org/10.30848/PJB2022-3(43)
- Sağdıç, O. (2003). Sensitivity of four pathogenic bacteria to Turkish thyme and oregano hydrosols. *LWT*, 36, 467- 473. doi:10.1016/S0023-6438(03)00037-9
- Santos, Y.O., Almeida, R.C.C., Guimarães, A.G., Almeida, P.F. (2009). Hygienic-sanitary quality of vegetables and evaluation of treatments for the elimination of indigenous *E. coli* and *E. coli* O157:H7 from the surface of leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(4): 1083-1089. doi: doi.org/10.1590/S0101-20612010000400038
- Sarac, N., Ugur, A. (2008). Antimicrobial activities of the essential oils of *Origanum onites* L., *Origanum vulgare* L. subspecies *hirtum* (Link) Ietswaart, *Satureja thymbra* L., and *Thymus cilicicus* Boiss. & Bal. growing wild in Turkey. *Journal of Medical Food*, 11(3): 568-573. doi: 10.1089/jmf.2007.0520
- Şengün, İ.Y., Karapınar, M. (2006). Bazı sebzelere inokule edilen *Salmonella typhimurium*'un limon

- suyu ve sirke ile inaktivasyonu. *Gıda*, 31(3): 161-167.
- Sethi, S., Nayak, S.L., Joshi, A., Sharma, R.R. (2020). Sanitizers for fresh-cut fruits and vegetables. In: *Fresh –Cut Fruits and Vegetables*, Siddiqui, M.W. (chief ed.), Academic Press, the UK, pp. 99-119. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00005-7>
- Singh, N., Singh, R.K., Bhunia, A.K., Stroshine, R.L. (2002). Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. *LWT*, 35: 720–729. doi:10.1006/fstl.2002.0933
- Singha, S., Thomas, R., Viswakarma, J.N., Gupta, V.K. (2023). Foodborne illnesses of *Escherichia coli* O157 origin and its control. *J Food Sci Technol*, 60(4):1274–1283. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05381-9>
- Strauch, E., Hammerl, J.A., Hertwig, S. (2007). Bacteriophages: new tools for safer food? *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 2: 138-143. doi: 10.1007/s00003-007-0188-5
- Svircev, A., Roach, D., Castle, A. (2018). Framing the Future with Bacteriophages in Agriculture. *Viruses*, 10, 218. doi:10.3390/v10050218
- Turner, K., Moua, C.N., Hajmeer, M., Barnes, A., Needham, M. (2019). Overview of Leafy Greens–Related Food Safety Incidents with a California Link: 1996 to 2016. *Journal of Food Protection*, Vol. 82(3), 405–414. doi:10.4315/0362-028X.JFP-18-316
- Uyttendaele, M., Neyts, K., Vanderswalmen, H., Notebaert, E., Debevere, J. (2004). Control of *Aeromonas* on minimally processed vegetable by decontamination with lactic acid, chlorinated water, or thyme essential oil solution. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 263– 271. doi:10.1016/S0168-1605(03)00309-X
- Wang, Z., Zhao, X. (2022). The application and research progress of bacteriophages in food safety. *Journal of Applied Microbiology*: 133:2137–2147. doi:10.1111/jam.15555
- Wójcicki M., Swider, O., Gientka, I., Blazejak, S., Srednicka, P., Shymialewich, D., Cieslak, H., Wardaszka, A., Emanowicz, P., Sokolowska, B., Kubiak, E.J. (2023). Effectiveness of a phage cocktail as a potential biocontrol agent against saprophytic bacteria in ready-to-eat plant-based food. *Viruses*, 15, 172. doi: <https://doi.org/10.3390/v15010172>
- Wu, F.M., Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Wells, J.G., Mintz, E.D., Swaminathan, B. (2000). Fate of *Shigella sonnei* on parsley and methods of disinfection. *J. Food Prot.*, 63, 568–572.
- Yamaki, S., Yamazaki, K., Kawai, Y. (2022). Broad host range bacteriophage, EscoHU1, infecting *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica*. Characterization, comparative genomics, and applications in food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 372. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109680>
- Yıldırım, Z., Sakin, T., Akçelik, M., Akçelik, N. (2021). Identification and characterization of lytic bacteriophages specific to foodborne pathogenic *Escherichia coli* O157:H7. *Food Science and Technology International*, 27(1):56-72. doi: 10.1177/1082013220929836.
- Yıldırım, Z., Sakin, T., Çoban, F. (2018). Isolation of anti-*Escherichia coli* O157:H7 bacteriophages and determination of their host ranges. *Turkish Journal of Agriculture–Food Science and Technology* 6: 1200–1208.
- Zhang, H.Z., Shu, M., Yang, W.Y., Pan, H., Tang, M.X., Zhao, Y.Y., Zhong, C., Wu, G.P. (2023). Isolation and characterization of a novel *Salmonella* bacteriophage JNwz02 capable of lysing *Escherichia coli* O157:H7 and its antibacterial application in foods. *LWT*, 173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114251>



## BİTKİ ESASLI SÜT BENZERİ İÇECEKLER

**Fatma Korkmaz<sup>1</sup>, Havva Polat Kaya<sup>2</sup>,  
Ali Emre Andaç<sup>3</sup>, Neşe Yılmaz Tuncel<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, Çanakkale

<sup>3</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Geliş / Received: 11.04.2023; Kabul / Accepted: 02.07.2023; Online baskı / Published online: 24.07.2023

Korkmaz, F., Polat Kaya, H., Andaç, A. E., Yılmaz Tuncel, N. (2023). Bitki esaslı süt benzeri içecekler. GIDA (2023) 48 (4) 784-805 doi: 10.15237/ gida.GD23049

Korkmaz, F., Polat Kaya, H., Andaç, A. E., Yılmaz Tuncel, N. (2023). Plant-based milk analogues. GIDA (2023) 48 (4) 784-805 doi: 10.15237/ gida.GD23049

### ÖZ

Bitki esaslı süt benzeri içecekler uluslararası gıda pazarında son yıllarda en hızlı yükselen ürün gruplarından biridir. Bitki esaslı süt benzeri içecekler görünüş ve kıvam bakımlarından inek sütüne benzeyen ve bitkisel bir kaynağın sulu ekstraktları olan formüle edilmiş içeceklerdir. Bu içeceklerin özellikleri, hammaddelerine ve özellikle de formülasyonlarına göre önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte bitki esaslı süt benzeri içeceklerin genel olarak inek sütü gibi hayvansal süt kaynaklarından önemli farklılıkları bulunmaktadır. Bu çalışmada ticari olarak mevcut olan ve görece daha yaygın olarak tüketilen bitki esaslı süt benzeri içeceklerin besinsel içerikleri, üretim aşamaları ve sağlık üzerine etkileri gibi çeşitli özellikleri derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bitki esaslı süt benzerleri, bitkisel sütler, yeni nesil içecekler, sürdürülebilirlik, soya sütü

## PLANT-BASED MILK ANALOGUES

### ABSTRACT

Plant-based milk analogues have been one of the fastest growing product groups in the international food market in recent years. Plant-based milk analogues are aqueous extracts of plant materials and formulated beverages that resemble cow's milk in terms of appearance and consistency. The properties of these beverages vary considerably according to their raw materials and especially their formulations. However, plant-based milk substitutes generally differ significantly from animal milk sources such as cow's milk. In this study, various properties such as nutritional content, production stages and health effects of plant-based milk analogues, which are commercially available and relatively common, were reviewed.

**Keywords:** Plant-based milk substitutes, plant-based milks, new generation beverages, sustainability, soymilk

\* Sorumlu yazar / Corresponding author:

✉: neseylemaz@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 0018

☎: (+90) 286 218 2505

Fatma Korkmaz; ORCID no: 0000-0002-6834-4833

Havva Polat Kaya; ORCID no: 0000-0002-7872-3810

Ali Emre Andaç; ORCID no: 0000-0002-0898-066X

Neşe Yılmaz Tuncel; ORCID no: 0000-0003-2700-5840

## GİRİŞ

Birleşmiş Milletler, 2015 yılında 2030'a kadar ulaşılması gereken 17 sürdürülebilir kalkınma hedefini kabul etmiş ve kalkınmanın sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği dengelemesi gerektiğini belirtmiştir (Rossi vd., 2023; Yano ve Fu, 2023). Küresel gıda sistemi bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır, çünkü belirlenen hedeflerden açlığın sıfırlanması, sağlıklı yaşam, temiz su ve temiz çevre gibi pek çok hedef gıda sisteminin sürdürülebilir hale getirilmesi ile ilişkilidir (Wang ve Scrimgeour, 2021). Hayvan esaslı diyetlerin çevresel kirlilik, iklim değişikliği, temiz su kaynaklarının azalması ve biyoçeşitlilik kaybı gibi çevresel etkilere neden olduğu belirtilmektedir (Avelar vd., 2021; Collier vd., 2023; Krizanova vd., 2021). Bitki esaslı diyetlerin ise gıda üretiminin olumsuz çevresel etkisini azaltabileceği, sürdürülebilirliği geliştirebileceği ve küresel nüfusun büyük bir kısmını etkileyen yetersiz beslenmeyi azaltabileceği bildirilmektedir (Montemurro vd., 2023; WHO, 2021). 2050 yılında 10 milyar olması beklenen küresel nüfus için sürdürülebilir, sağlıklı ve dengeli gıda üretiminin sağlanmasının gelecekte öncelikli konular arasında yer alması beklenmektedir (Wang ve Zhao, 2022).

İnsan vücudunun büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan makro ve mikro besinleri sağlayan inek sütü, tam bir gıda olarak kabul edilmekte ve birçok ülkenin halk sağlığı politikalarında tavsiye edilmektedir (Antunes vd., 2023; Comerford vd., 2021). Bununla birlikte, küresel süt tüketimi gelişmekte olan ülkelerdeki büyümeye bağlı olarak artarken, çoğu gelişmiş ülkede azalmaktadır. Örneğin, İsviçre'de 1950 yılında 233 L olan yıllık kişi başı süt tüketimi, 2020 yılında 51 L'ye düşmüştür (Walther vd., 2022). Bu düşüşün nedenleri arasında laktoz intoleransı, inek sütü alerjisi, diyet tercihleri (vejetaryen, fleksitaryen ve vegan gibi), hayvan refahı ve çevresel farkındalık gibi çeşitli faktörler yer almaktadır (Rojas vd., 2022; Zahrani ve Shori, 2023). Gıda endüstrisi son yıllarda yeni tüketici eğilim ve talepleri ile yatırım fırsatlarını göz önünde bulundurarak ürün kategorilerini yeni nesil ürünler ile genişletmektedir. Bu yeni nesil ürünler arasında süt, et ve yumurta alternatifleri gibi hayvan esaslı

gıdaların bitki esaslı benzerlerinin geliştirilmesi ve tüketimi hızla artmaktadır (Beacom vd., 2021; Huang vd., 2023). Bitki esaslı sütler hem çeşit hem de pazar payı bakımından küresel olarak en hızlı büyüyen bitki esaslı ürün kategorilerinden biridir (Bartula vd., 2023). Küresel bitki esaslı süt pazarının 2023-2033 yılları arasında %9.9 yıllık bileşik büyüme oranı ile, 2033 yılı itibarıyla 47.2 milyar \$ piyasa büyüklüğüne ulaşacağı tahmin edilmektedir (FMI, 2023).

Bitki esaslı sütler, bitkisel hammaddelerden elde edilen, insan tüketimi için protein, kalori ve fitokimyasal kaynağı olan, aynı zamanda kolesterol ve laktoz içermeyen sulu özütler olarak tanımlanmaktadır (Silva vd., 2023; Wang vd., 2023). Bitki kaynağına bağlı olarak, bitki esaslı sütler başlıca beş farklı kategoriye ayrılmaktadır; tahıllar, baklagiller, kuruyemişler, tohumlar ve yalancı tahıllar (Sethi, 2016; Silva vd., 2020). Küresel bitki esaslı süt üretiminin büyük bir kısmına soya fasulyesi, badem, pirinç, Hindistan cevizi gibi kaynaklar katkı sağlamaktadır. Ürünler genellikle sade, aromalı (vanilya ve çikolata gibi) ve şekerli/şekersiz şeklinde pazarlanmaktadır (Paul vd., 2020). Bitki esaslı süt benzeri içeceklerin üretim akışı genel olarak bitkisel hammaddenin öğütülmesi ve su ile hidrasyonu veya doğrudan yaş öğütme ile başlamakta olup, daha sonra katı materyalin süzülmesi, süzütünün çeşitli katkı maddeleri ile ilave edilerek formüle edilmesi, homojenizasyon ve ısıl işlem (pastörizasyon/UHT) basamaklarından oluşmaktadır (Nawaz vd., 2020; Mäkinen vd., 2016). Duyusal özellikleri iyileştirmek, besinsel kaliteyi ve ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla hammaddelere kavurma, kabuk soyma, ıslatma, enzim muamelesi ve haşlama gibi ön işlemler uygulanabilmektedir (Reyes-Jurado vd., 2021).

Bitki esaslı sütler inek sütüne alternatif olarak satılan, inek sütünün besinsel, fonksiyonel ve duyusal özelliklerini taklit etmeye çalışan ürünlerdir (Martínez-Padilla vd., 2023; Smith vd., 2022). Bununla birlikte, hammadde kompozisyonu, işleme yöntemi ve zenginleştirme durumuna (pek çok ticari ürün kalsiyum gibi mineraller ile A, D ve B vitaminlerince zenginleştirilmektedir) bağlı olarak bitki esaslı

sütlerin besin içeriği oldukça değişkendir (Antunes vd., 2023; Jeske vd., 2017). Protein, genellikle bitki esaslı sütler için en sınırlayıcı besin öğesidir ve bu ürünlerin inek sütü alternatifi olarak tüketilmesinin, eşdeğer veya iyileştirilmiş bir beslenme sağlayamayacağı bildirilmektedir (Drewnowski, 2022; Katidi vd., 2023, Jeske vd., 2017). Bu derlemede, sürdürülebilir bir gıda olan bitki esaslı sütler; hammadde özellikleri, üretim yöntemleri, besin içeriği, ürün karakteristikleri, tüketici kitleleri, avantajları, dezavantajları ve tüketimi sınırlayan faktörler gibi çeşitli başlıklar açısından incelenmiştir.

### Soya Sütü

Soya fasulyesi (*Glycine max* L.), protein (%35-45), karbonhidrat (%33) ve yağ (%15-25) içeriği yönünden zengin olması sebebiyle gıda sanayinde birçok amaçla kullanılabilen çok yönlü bir baklagildir (Sharma vd., 2014). Gıda pazarlarında soya sütü ve peyniri, tofu, soya sosu, soya fasulyesi ezmesi, tempeh, miso ve natto gibi çok çeşitli soya ürünleri bulunmaktadır (Cai vd., 2021).

Soya fasulyesi, özellikle yüksek protein içeriğine ve kalitesine sahip olması nedeniyle önemli bir bitki esaslı protein kaynağıdır. Soya fasulyesinde ağırlıklı olarak albümin ve globulin grubu proteinler bulunmakta olup, globulinler toplamın %70'ini oluşturmaları sebebiyle baskın protein grubu olarak bilinmektedir (Qin vd., 2022). Globulin proteinlerinin (glisin ve  $\beta$ -konglisinin), kükürt içeren amino asit içeriği düşük olması sebebiyle soya fasulyesinin metiyonin ve sistein içeriği nispeten düşüktür (Patil vd., 2017). Ancak, soya metiyonin dışındaki tüm elzem amino asitleri içermektedir (Fukuda vd., 2017). Soya karbonhidratlarını da yapısal karbonhidratlar (hücre duvarı polisakkaritleri: selüloz, hemiselüloz ve pektinler), ve yapısal olmayan karbonhidratlar (nişasta ve farklı mono-, di- ve oligosakkaritler) olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Soya fasulyesinde genellikle %11-25 aralığında yapısal olmayan karbonhidrat bulunmaktadır. Bunlar, 15-20 farklı çözünür şeker türü içermesine rağmen, en çok bulunanları sakaroz, rafinoz ve stakiyozdur (Medic vd., 2014). Özellikle sakaroz soya ve ürünlerine (tofu ve soya sütü gibi) hoş bir tat ve lezzet sağlaması nedeniyle önemlidir (Yu vd., 2016). Rafinoz ve stakiyoz ise insanlar

tarafından metabolize edilemeyen oligosakkaritler olup sindirim bozukluğuna sebep olmaları nedeniyle bir yanı sıra anti-beslenme faktörleri olarak kabul edilirken bir yanı sıra prebiyotik olarak karşımıza çıkmaktadır (Medic vd., 2014; Yu vd., 2021a). Soya fasulyesi yağı, kardiyovasküler sağlığa olumlu etkisi olduğu düşünülen tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin iyi bir kaynağıdır (Omoni ve Aluko, 2005). Soya yağının yaklaşık %10-15'i doymuş yağ asitlerinden oluşurken, %19-41'i tekli doymamış yağ asitlerinden, %46-62'si çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır (Messina, 2016). Ayrıca soya yağı esansiyel yağ asitleri yönünden de zengindir. Soya fasulyesinde en çok bulunan yağ asidi linoleik asittir (%55), bunu sırasıyla oleik (%18), linolenik (%13), palmitik (%10) ve stearik (%4) asitler takip etmektedir (Chaudhary vd., 2015; Medic vd., 2014). Soya fasulyesinde, aglikonlar (daidzein, genistein ve glycitein),  $\beta$ -glukozitler (daidzin, geniştin ve glycitin), asetilglukozitler (setyldaidzin, asetilgenistin ve asetilglycitein) ve malonilglukozitler (malonyldaidzin, malonylgenistin ve malonylglucitin) olmak üzere 12 farklı izoflavon formu bulunmaktadır. İzoflavonlar, osteoporozu karşı önleyici, kardiyovasküler hastalıklara ve menopoza semptomlarına karşı koruyucu etkiye, antioksidan aktiviteye ve antikarsinogenik etkiye sahip olmalarıyla bilinirler (Queirós vd., 2021; Yu vd., 2021b). Diğer yandan izoflavonların endokrin sistemi ile karmaşık bir etkileşimi söz konusu olup, bazı çalışmalarda soya esaslı diyetlerin olumsuz sağlık etkileri ve özellikle erken çocukluk ve hamilelik döneminde tüketiminin riskli olabileceği bildirilmiştir (Chalupa-Krebdak vd., Mäkinen ve vd., 2016). Soya fasulyesinde bulunan başlıca fenolik asitler ise gallik asit, siringik asit, klorojenik asit ve vanilik asittir (Tyug vd., 2010).

Gıda endüstrisinde geniş ürün yelpazesine sahip soyanın en önemli ürünlerinden biri olan soya sütü, soya fasulyesinden su ekstraksiyonu yolu ile elde edilen bir gıdadır. Soya sütü, en yaygın ve ticari olarak en kolay erişilebilir olan baklagil sütüdür (Vallath vd., 2022). Özellikle fiziksel görünümünün ve bileşiminin hayvansal süte benzerliği nedeniyle bitki esaslı sütler arasında her zaman önemli bir yere sahip olmuştur (Vagadia

vd., 2018). Soya sütü, bitki esaslı sütler arasında en yüksek protein içeriğine sahiptir (Aydar vd., 2020). Soya sütünün, şeker ilaveli ve şeker ilavesiz olarak 2 farklı çeşidi piyasada bulunabilmektedir. Şeker ilaveli ve şeker ilavesiz soya sütünün besinsel içeriği Çizelge 1'de gösterilmiştir. Soya sütünün, ilk olarak yaklaşık 2000 yıl önce Çin'de kullanılmaya başlandığı belirtilmektedir. Asya ülkelerinde popüler bir içecek olan soya sütü, son zamanlarda Avrupa ülkelerinde de kabul görmeye ve tüketilmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde soya sütü, birçok gıda formülasyonunda inek sütü yerine düşük maliyetli bir alternatif olarak da kullanılmaktadır (Vagadia vd., 2018). Soya sütünün çeşitli elzem amino asitleri ve esansiyel yağ asitlerini bulundurması; kolesterol, gluten ve laktoz içermemesi, bu ürünün birçok kişi tarafından tercih edilen bir inek sütü alternatifi olmasını sağlamaktadır (Toro-Funes vd., 2014, 2015). Ayrıca soya sütünün, sağlık açısından faydalı biyoaktif fitokimyasal bileşikleri de (izoflavonlar, fosfolipidler, polipeptitler, fenolik asitler ve diyet lif gibi) içermesi soya sütüne olan ilgi ve talebin artmasına neden olmuştur (Ma vd., 2015). Diğer yandan, tripsin inhibitörleri, lektinler, fitik asit ve sindirilemeyen oligosakkaritler gibi doğal anti-beslenme faktörlerinin varlığı, soya fasulyesi ve ürünlerinin tüketimini sınırlamaktadır (Nowshin vd., 2018). Ayrıca, riboflavin (B<sub>2</sub>), kobalamin (B<sub>12</sub>), D ve E vitaminleri ve metiyonin elzem amino asidi yönünden yoksun olması soya sütünün diğer dezavantajlarıdır (Bocker ve Silva, 2022; Cai vd., 2021). Diğer yandan, soya hem çocuklarda hem de yetişkinlerde alerjiye neden olan sekiz gıdadan biri olarak bilinmektedir. Soya alerjisinin, küresel nüfusun yaklaşık %0.3'ünü etkilediği düşünülmektedir. Bu alerji, esas olarak soyanın depo proteinlerinden kaynaklanmakta ve kişilerde cilt reaksiyonları, mide rahatsızlığı ve solunum sıkıntısı gibi fiziksel semptomlar olarak kendini göstermektedir (Katz vd., 2014; Vallath vd., 2022). Soya fasulyesinde alerjenik etkiye sahip proteinler glisin ve  $\beta$ -konglisinindir ve bunlar tanenin toplam depo proteinlerinin sırasıyla %30 ve %40'ını oluşturmaktadırlar (Lu vd., 2022).

Geleneksel soya sütü üretimi; tanelerin ıslatılması, öğütülmesi, süzülmesi ve kaynatılması olmak

üzere dört temel adımdan oluşmaktadır (Li vd., 2021). Son aşamada uygulanan ısı işlemi ile istenmeyen enzimleri inaktif hale getirmek, anti-beslenme faktörlerini ve mikrobiyal yükü azaltmak mümkün olmakla birlikte soya sütünün besin değerinde ve protein sindirilebilirliğinde artış da sağlanmaktadır (Li vd., 2021). Ancak bu üretim sonucunda sınırlı raf ömrüne ve karakteristik bir fasulye aromasına sahip ürünler elde edilmektedir. Bu nedenle, günümüzde soya sütünün bu negatif aromasını azaltmak, besin değerini ve raf ömrünü en üst düzeye çıkarmak için yüksek sıcaklıklarda vakum uygulaması, ön haşlama, sıcak öğütme, alkali suda bekletme, kabuk soyma, gecikmeli filtrasyon gibi işlemler ile yağsız soya unu, soya protein izolatu veya konsantratu kullanımı gibi çeşitli önlemler alınmaktadır (Sethi vd., 2016; Vallath vd., 2022).

### Badem Sütü

Badem (*Prunus dulcis*), yağ (%44-61) ve protein (%16-26) bakımından zengin; karbonhidrat içeriği (%2-8) ise düşük bir gıdadır. Badem yağında en fazla bulunan yağ asitleri sırasıyla oleik (18:1), linoleik (18:2), palmitik (16:0), stearik (18:0) ve palmitoleik (16:1) asitlerdir. Bunlardan oleik (%65) ve linoleik (%25) asitlerin toplam yağın yaklaşık %90'ını oluşturduğu ve dolayısıyla badem yağının doymuş yağ asidi seviyesinin çok düşük (<%10) olduğu belirtilmiştir (Ahrens vd., 2005; Yada vd., 2011). Badem proteinlerinin çok büyük bir kısmını albümin ve globulin grubu proteinler (toplam proteinin %88-91'ini) oluşturmaktadır, bunun yanında düşük oranda glutelin ve ihmal edilebilir düzeyde prolamin de bulunmaktadır (Devnani vd., 2020; Yada vd., 2011). Bir globulin grubu protein olan amandin, başlıca badem proteini olarak toplam çözünür proteinlerin yaklaşık %65'ini oluşturmaktadır (Dhakal vd., 2014). Bununla birlikte, tanede metiyonin haricindeki tüm temel amino asitlerin yeterli miktarda bulunduğu belirtilmiştir (Sze-Tao ve Sathe, 2000). Badem kalsiyum, magnezyum, selenyum, potasyum, çinko, fosfor ve bakır gibi diğer minör besin maddeleri açısından da zengin bir kaynaktır (Sethi vd., 2016). Ayrıca, başta proantosiyanidinler, flavonoidler ve fenolik asitler olmak üzere çok çeşitli fenolik bileşikleri de içermektedir (Grundy vd., 2016).



Çizelge 1. Ticari bitki esaslı süt benzeri içeceklerin besinsel kompozisyonu

| Süt çeşidi            | Karbonhidrat (g/100 g) | Protein (g/100 g) | Yağ (g/100 g) | Diyet lif (g/100 g) | Şeker (g/100 g) | Kalsiyum (mg/100 g) | Enerji (kcal/100 mL) | Referans                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Soya sütü             | 0.10-66.70             | 2.50-8.71         | 1.67-4.35     | 0-1.00              | 0.88-63.30      | 0-205.86            | 16-69                | Chalupa-Krebzdak vd., 2018; Decloedt vd., 2018; Fructuoso vd., 2021; Martínez-Padilla vd., 2020; McClements vd., 2019; Scholz-Ahrens vd., 2020; Sethi vd., 2016; USDA Food Composition Database                   |
| Badem sütü            | 0.10-6.67              | 0.31-8.89         | 0.83-8.89     | 0-0.64              | 0-6.25          | 33.00-197.00        | 12-68                | Aydar vd., 2020; Chalupa-Krebzdak vd., 2018; Fructuoso vd., 2021; McClements vd., 2019; Scholz-Ahrens vd., 2020; Sethi vd., 2016; Silva vd., 2020; USDA Food Composition Database                                 |
| Fındık sütü           | 2.67-7.92              | 0.40-1.46         | 0.83-3.75     | 0-0.42              | 0.42-5.83       | 10.00-125.00        | 29-45                | Jeske vd., 2017; Martínez-Padilla vd., 2020; McClements vd., 2019; Scholz-Ahrens vd., 2020; Sethi vd., 2016; Silva vd., 2020; Singhal vd., 2017; USDA Food Composition Database                                   |
| Yer fıstığı sütü      | 7.50                   | 3.33              | 1.25          | 0.40                | 6.25            | 8.00                | 54-72                | USDA Food Composition Database                                                                                                                                                                                    |
| Yulaf sütü            | 2.75-10.00             | 0.40-1.86         | 0.28-2.69     | 0.80-0.90           | 1.85-7.92       | 0-145.33            | 36-54                | Jeske vd., 2017; Martínez-Padilla vd., 2020; McClements vd., 2019; Scholz-Ahrens vd., 2020; Sethi vd., 2016; Singhal vd., 2017; USDA Food Composition Database                                                    |
| Hindistan cevizi sütü | 0.50-10.00             | 0-2.00            | 0.90-18.50    | 0-1.30              | 0.62-7.92       | 0-244.75            | 20-183               | Bridges, 2018; Chalupa-Krebzdak vd., 2018; Decloedt vd., 2018; Martínez-Padilla vd., 2020; McClements vd., 2019; Reyes-Jurado vd., 2021; Scholz-Ahrens vd., 2020; Sethi vd., 2016; USDA Food Composition Database |
| Pirinç sütü           | 9.17-25.28             | 0.07-0.85         | 0-2.33        | 0-1.52              | 3.30-13.12      | 118-245.50          | 47-133               | Chalupa-Krebzdak vd., 2018; Decloedt vd., 2018; McClements vd., 2019; Martínez-Padilla vd., 2020; Scholz-Ahrens vd., 2020; Sethi vd., 2016; Silva vd., 2020; USDA Food Composition Database                       |
| Bezelye sütü          | 2.50-8.05              | 3.33-3.39         | 1.88-2.92     | 0-0.4               | 0-7.92          | 188-219             | 29-68                | Bridges, 2018; Craig vd., 2021; USDA Food Composition Database                                                                                                                                                    |
| Susam sütü            | 0.83-6.88              | 0.63-3.33         | 2.08-2.50     | 0.21-0.4            | 0-7.08          | 125-162             | 38-67                | Mäkinen vd., 2016; Sethi vd., 2016; USDA Food Composition Database                                                                                                                                                |
| Kenevir sütü          | 0.10-2.50              | 0.1-1.67          | 1.25-3.33     | 0-0.80              | 0-9.17          | 8-208               | 19-83                | Chalupa-Krebzdak vd., 2018; Jeske vd., 2017; Martínez-Padilla vd., 2020; USDA Food Composition Database                                                                                                           |

Lezzeti ve tadı nedeniyle geleneksel badem içecekleri uzun süredir tüketilmektedir. Ancak son yıllarda badem sütü Avustralya, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin gıda pazarlarında en popüler bitki esaslı süt alternatifi içeceklerden biri haline gelmiştir (Dhakal vd., 2014; Vanga ve Raghavan, 2018). Badem sütü, öncelikle inek sütü alerjisi ve laktoz intoleransı gibi sağlık sorunları yaşayan kişiler için alternatif bir bitki esaslı süt içeceği olarak ortaya çıkmıştır. Ancak sonrasında,  $\alpha$ -tokoferol, esansiyel yağ asitleri, diyet lif, temel mineraller, riboflavin ve antioksidanlar gibi besinsel bileşenler açısından da zengin bir içecek olması nedeniyle dikkat çekmeye ve birçok kişi tarafından tüketilmeye başlamıştır (Dhakal vd., 2014; Manzoor vd., 2021; Vanga ve Raghavan, 2018). Diğer bitki esaslı içeceklerle karşılaştırıldığında, badem sütünün E vitamini içeriği yüksektir. Ayrıca, bademin hücre duvarı pektik maddelerinde bulunan arabinoz, potansiyel prebiyotik özelliğine sahiptir (Sethi vd., 2016). Söz konusu besin içeriği sayesinde badem sütü, inek sütüne sağlıklı bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Vanga vd., 2020). Ayrıca, badem sütü diğer bitki esaslı sültere kıyasla daha dengeli besin içeriğine sahip olmasının yanı sıra hoş tadı sayesinde de tercih edilmekte ve çeşitli gıda formülasyonlarında da kullanılmaktadır (Aydar vd., 2020). Piyasada badem sütü, soya sütünde olduğu gibi şeker ilaveli ve şeker ilavesiz olarak 2 farklı çeşitte bulunabilmekte olup badem sülterinin besinsel içeriği Çizelge 1'de sunulmuştur. Badem alerjisi yaygın görünen bir alerji türüdür. Alerjik reaksiyon görünme sıklığı tüm sert kabuklu meyveler içerisinde dördüncü sırada yer almaktadır. Bu alerjik reaksiyondan başlıca badem proteini olan amandin sorumludur (Paul vd., 2020). Amandin proteinlerinin, haşlama, kavurma ve otoklavlama gibi termal işlemlerden sonra da stabil olduğu bildirilmiştir (Dhakal vd., 2014). Ayrıca badem sülünün metiyonin elzem amino asidi yönünden yoksun olması ve yüksek konsantrasyonda çoklu doymamış yağ asitleri içermesi nedeniyle ransiditeye yatkın bir ürün olması tüketimini sınırlayıcı faktörlerdir (Bocker ve Silva, 2022).

Genel üretim yöntemi; bademlerin su ile ıslatılması ve öğütülmesinin ardından filtrelenmesi

şeklinde dir. Ticari üretimlerde ise filtrasyon sonrası elde edilen beyaz sıvı genellikle yüksek basınç kullanılarak homojenize edilmekte ve ardından stabiliteyi ve raf ömrünü artırmak için pastörize edilmektedir (Bernat vd., 2015; Vanga ve Raghavan, 2018). Ayrıca, emülsiyon stabilitesini arttırmak, enzim inaktivasyonunu sağlamak, mikrobiyal yükü azaltmak ve tadı iyileştirmek amacıyla süt üretiminde kullanılacak materyale kavurma, haşlama ve kabuk soyma gibi ön işlemler de uygulanabilmektedir (Aydar vd., 2020). Bunlara ek olarak, amandin immünoreaktivitesini azaltmak ve fiziksel stabiliteyi arttırmak için ultrases ve yüksek basınç uygulaması gibi yeni teknolojilerin kullanılması üzerine çalışmalar da mevcuttur (Şen ve Okur, 2023; Briviba vd., 2016; Dhakal vd., 2014; Iorio vd., 2019; Maghsoudlou vd., 2016). Diğer baklagil ve tahıllara kıyasla maliyeti yüksek bir ürün olması sebebiyle genel olarak süt üretiminde düşük miktarlarda badem kullanılmaktadır. Bu nedenle, oluşan süt alternatifi ürününün stabilizasyonunu sağlamak amacıyla formülasyona ek olarak emülgatörler ve stabilizatörler (gumlar ve selülozlar gibi) ilave edilmektedir (Devnani vd., 2020). Diğer yandan, bitki esaslı sülterin üretiminin çevresel etkisinin incelendiği çalışmalarda badem sülünün diğer bitkisel süt alternatifleri arasında en yüksek su kullanımına (11.7-1030 L/L süt) sahip olduğu görülmüştür (Silva ve Smetana, 2022).

### Fındık ve Yer Fıstığı Sütü

Fındık (*Corylus avellana* L.) dünyanın en popüler sert kabuklu meyvelerden biri olup başlıca fındık üreticisi ülkeler Türkiye ve İtalya'dır (Gao vd., 2022). İç fındığın %50-73'ünü yağ, %10-24'ünü protein, %10-22'sini karbonhidrat oluşturmaktadır (Köksal vd., 2006). Fındık yağının çok büyük bir kısmını (%92.8'ini) doymamış yağ asitlerinden olan oleik (%73.6-82.6), linoleik (%9.8-16.6), palmitik (%4.1-6.8) ve stearik (%1.6-3.7) asitler oluşturmaktadır (Sun vd., 2022; Taş ve Gökmen, 2015). Ayrıca, fındık yağı tokoferoller, fitosteroller, karotenoidler ve diğer biyoaktif maddeler açısından da zengindir (Cui vd., 2020). Bu doğal bileşenler fındık yağına antioksidan, bağışıklığı geliştirici, kolesterol yıkımını ve metabolizmasını destekleyici özellikler

kazandırmaktadır (Sun vd., 2022). Olgunluğuna ve çevresel faktörlere bağlı olarak triptofan amino asidi bazı çeşitlerinde çok düşük seviyede tespit edilmesine rağmen diğer elzem amino asitlerin tamamı fındıkta bulunmaktadır (Alasalvar vd., 2003; Köksal vd., 2006). Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* Linn.) da yüksek orandaki protein (%22-30), yağ (%44-56) ve karbonhidrat (%15-23) içeriği ile bilinmektedir (Janila vd., 2016; Zaaboul vd., 2019). Yer fıstığı yağının %80'nini doymamış yağ asitlerinden olan oleik ve linoleik asitler oluşturmaktadır. Ayrıca, yer fıstığı hafızayı güçlendirici, yaşlanmayı geciktirici, cildi nemlendirici, kardiyovasküler hastalıkları ve iltihaplanmayı azaltıcı etkiye sahip olan tokoferoller, steroller, flavonoidler, resveratrol ve kolin gibi biyoaktif maddeleri de içermektedir (Yang vd., 2022b). Yer fıstığı neredeyse 20 amino asidin tamamını içermekte ve önemli bir arjinin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Sethi vd., 2016).

Fındık ve yer fıstığı farklı şekillerde (kuruyemiş, yağ, ezme ve şekerleme gibi) tüketilmekle birlikte son yıllarda bu ürünlerden üretilen bitki esaslı süt benzeri ürünlerinin tüketimi de hız kazanmıştır (Bernat vd., 2015). Tadı iyileştirmek için ticari fındık sütü formülasyonları genel olarak ilave şeker içermekte olup besinsel içeriği Çizelge 1' de gösterilmiştir. Fındık sütü, içerdiği minerallerin (K, P, Ca ve Mg), vitaminlerin (E vitamini), diyet liflerinin, fitosterollerin ve fenolik bileşiklerin insan beslenmesi ve sağlığına faydaları nedeniyle ilgi çeken bir bitki esaslı süt alternatifi içecektir (Gul vd., 2017, 2018). Ancak alerjenite özelliği fındık sütünün tüketimini sınırlandıran en önemli faktörlerdendir. Uluslararası İmmünoloji Dernekleri Birliği (International Union of Immunological Societies, IUIS), fındıkta 8 alerjen protein grubu tanımlamıştır. Avrupa ve ABD nüfusunun yaklaşık %0.2-0.5'inin fındık alerjisine sahip olduğu tahmin edilmektedir (Calamelli vd., 2021).

Yer fıstığı sütü başta Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya gıda pazarlarında bulunan bitki esaslı süt benzerlerinden biridir (Allied Market Research, 2021). Yer fıstığı sütü de ticari olarak şeker ilaveli olarak bulunmakta olup besinsel içeriği Çizelge

1'de verilmiştir. Diğer bitki esaslı süt alternatifi içeceklerle karşılaştırıldığında, yer fıstığı sütünün E vitamini, resveratrol, niasin ve arjinin içeriğinin yüksek olması dikkat çekicidir (Paul vd., 2020). Alerjik reaksiyonların %90'ından sorumlu olan sekiz gıdadan (süt, yumurta, yer fıstığı, soya fasulyesi, balık, kabuklu deniz ürünleri, ağaç yemişleri ve buğday) biri olan yer fıstığı, eser miktarda bile alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir (Yang vd., 2022a). Benzer şekilde, Uluslararası İmmünoloji Dernekleri Birliği tarafından fındık alerjisi olarak 17 protein çeşidinin, yer fıstığı alerjisinden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Zhou vd., 2021). Yer fıstığı alerjisinin nüfusun yaklaşık %1.6'sını etkilediği tahmin edilmektedir (Chen vd., 2022).

Fındık ve yer fıstığı sütü üretimi, soya sütü üretim sürecinin bir benzeri şeklindedir. Süt üretiminde çiğ iç fındık veya fıstıklar ısıtılıp öğütülmekte ve filtrasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Ardından diğer bitki esaslı süt ürünlerinin üretimine benzer şekilde elde edilen beyaz sıvı homojenize ve pastörize edilmektedir. Ayrıca, bu işlemlerden önce formülasyona vitamin, mineral, şeker ve bazı aroma maddeleri ilave edilmektedir (Aydar vd., 2020; Isanga ve Zhang, 2009). Diğer yandan fıstık sütünün fasulye aroması azaltmak ve kötü aromaya neden olan tripsin inhibitörlerini ve lipoksigenazları inaktive etmek ve fitik asit gibi anti-beslenme faktörlerini azaltmak için, üretimde önce yer fıstığına haşlama, kavurma, buhar uygulaması, suda ve alkali suda bekletme gibi ön işlemler uygulanabilmekte veya yağının bir kısmı uzaklaştırılmış hammadde süt üretiminde kullanılmaktadır (Paul vd., 2020; Reyes-Jurado vd., 2021; Sethi vd., 2016). Diğer yandan, yağ içeriği nedeniyle stabilitesi düşük olan fındık ve yer fıstığı sütüne emülsifiye edici maddeler (aljinatlar, sakızlar veya jelatin) eklenmektedir. Bu maddeler ürüne belirli bir raf ömrü, ağız hissi ve lezzet profili de kazandırmaktadır (Paul vd., 2020; Şen ve Okur, 2023).

### Yulaf Sütü

Yulaf (*Avena sativa* L.), içerdiği diyet lifi, fitokimyasallar ve yüksek besin değeri nedeniyle oldukça değerli olan doğal bir fonksiyonel gıdadır (Sethi vd., 2016). Sağlığa yararlı bileşenleri

nedeniyle, günümüzde yulaf "süper gıda" olarak tanıtılmaktadır (Van den Broeck vd., 2016). Yulaf, diğer tahıllara göre daha yüksek protein içeriğine (%12-24) sahip olup, globulin proteinleri %70-80 oranında bulunurken, bunu prolaminler (%4-15), albüminler (%112) ve glutelinler (<%10) takip etmektedir. Ek olarak yulaf depo proteini olarak avenalin (globulin veya baklagil benzeri bir protein) içeren tek tahıldır (Mel ve Malalgoda, 2022; Sethi vd., 2016; Singh vd., 2013). Yulafta elzem amino asitlerin hepsinin belirli düzeylerde bulunduğu ve toplam proteinlerin %34.4'ünü oluşturduğu belirtilmiştir (Mel ve Malalgoda, 2022). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre yulaf proteini, et, süt ve yumurta proteinine eşit olarak kabul edilen soya proteini ile neredeyse eşdeğer kalitededir (Singh vd., 2013). Yulaf lipidlerini (%5-9) oluşturan başlıca yağ asitleri oleik (%30-40) ve linoleik (%38.1-52) asitlerdir. Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında yulaf yüksek miktarda doymamış yağ asidi içermesi nedeniyle de öne çıkmaktadır (Tang vd., 2022; Wang vd., 2022). Bunlarla birlikte, yulafın %60 nişasta, %2.3-8.5 aralığında diyet lif ve %0.54 kalsiyum içerdiği de belirtilmiştir (Rasane vd., 2015). Yulaf, kalp hastalığı ve kolon kanseri riskini azaltma, kan kolesterol seviyesini ve kan basıncını düşürme gibi sağlık açısından birçok olumlu etkiye sahip çözünebilir bir diyet lif olan  $\beta$ -glukan (%2.3-8.5) içeriği nedeniyle de ilgi görmektedir (Rasane vd., 2015). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA),  $\beta$ -glukanın kolesterolü ve glisemik cevabı düşürücü etkisini onaylamıştır (Hakkola vd., 2021). Yulaf ayrıca B grubu vitaminler (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> ve B<sub>6</sub>) ve E vitamini ile kalsiyum, fosfor, demir, çinko, manganez ve krom gibi mineral maddeler yönünden de zengin bir içeriğe sahiptir (Tang vd., 2022). Avenantramidler ve ferulik asit gibi çeşitli fenolik bileşikler ve flavonoidler de yulafta bulunan diğer biyoaktif bileşiklerdir (Deswal vd., 2014; Tang vd., 2022).

Yulaf sütü, son yıllarda küresel pazarda ortaya çıkan yeni süt alternatiflerinden biri olmasına rağmen kabul edilebilir tadı, besinsel faydaları ve düşük çevresel etkisi nedeniyle en popüler bitki esaslı süt alternatifi içeceklerden biri haline gelmiştir (Wang vd., 2022). Son yıllarda özellikle ABD ve Avrupa ülkelerinde bu süt alternatifinin

popülerliğinin arttığı görülmektedir (Fuentes ve Fuentes, 2017; Riofrio ve Baykara, 2022). Büyüme ve gelişme için gerekli kalsiyum ve bazı besin bileşenlerini düşük oranlarda içermesi nedeniyle ticari yulaf sütleri genel olarak kalsiyum, riboflavin, A, D ve B<sub>12</sub> vitaminlerince zenginleştirilmektedir (Cooper vd., 2020; Sethi vd., 2016). Ayrıca ticari yulaf sütleri şeker ilavesiz veya ilaveli gibi seçenekleri ile tüketiciye sunulmaktadır. Yulaf sütünün besinsel içeriği Çizelge 1'de sunulmuştur. Yulaf sütünün önemli bir alerjenik potansiyelinin bulunmaması, gluten içermemesi ve iyi bir lif kaynağı (özellikle  $\beta$ -glukan) olması nedeniyle diğer bitki esaslı süt ürünlerine göre önemli bir avantaja sahiptir (Bocker ve Silva, 2022). Diğer yandan yulaf sütünün anti-beslenme faktörü olarak fitik asit ve tripsin inhibitörleri içermesi ve yulafın esansiyel bir aminoasit olan lisin ve kalsiyum minerali bakımlarından fakir olması dezavantajlarıdır (Aydar vd., 2020; Sethi vd., 2016; Bocker ve Silva, 2022). Tüm bunlara ek olarak, yüksek miktarda lipaz içermesi sebebiyle yulaf ürünlerinin ransiditeye yatkın olması hem tüketimini hem de raf ömrünü sınırlayıcı bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Silva vd., 2020). Yulafın yüksek konsantrasyonda nişasta içermesi nedeniyle, uygulanacak ısı işlem jelatinizasyona dolayısıyla da yüksek viskoziteli jel benzeri bir kıvamına neden olmaktadır. Bu nedenle yulaf sütü üretiminde genel olarak enzimatik yöntemlerle nişasta hidrolize edilmekte ve formülasyondan sonra homojenizasyon ve ısı işlem uygulanarak ürün aseptik olarak paketlenmektedir (Deora ve Deswal, 2018; Sethi vd., 2016).

### Hindistan Cevizi Sütü

Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.), tropikal ülkelerde, özellikle Asya'da yetiştirilen bir bitkidir. 2021 yılı itibarıyla Dünyadaki toplam Hindistan cevizi üretiminde ilk beşte Endonezya, Filipinler, Hindistan, Breziya ve Sri Lanka yer almaktadır (FAOSTAT, 2021). Hindistan cevizi besleyiciliği yüksek bir ürün ve iyi bir diyet lifi kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Seow ve Gwee, 1997). Hindistan cevizi meyvesi genel olarak %51.7 çekirdek, %9.8 su ve %38.5 kabuktan oluşmaktadır. Kabuk, meyve olgunluğunda 12-15 mm kalınlığa ulaşan katı endosperm adı verilen

beyaz etli kısmı çevrelemektedir. İçi boş kabuğun içinde, büyük hacimli sıvı endosperm veya Hindistan cevizi suyu adı verilen doğal su bulunmaktadır (Divya vd., 2022). Besinsel kompozisyonu açısından Hindistan cevizinin %33.49'unu yağ, %3.33'ünü protein, %15.23'ünü karbonhidrat oluşturmaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018).

Hindistan cevizi sütü, olgun Hindistan cevizinin endosperminden mekanik kuvvet kullanılarak ve su ilavesiyle ekstrakte edilen tatlı, süt beyazı renginde, su içinde yağ emülsiyonudur. Bu emülsiyonun stabilizasyonu globulin ve albümin proteinleri, fosfolipitler gibi doğal emülgatörler tarafından sağlanmaktadır (Narataruksa vd., 2010; Onsaard vd., 2005). Hindistan cevizi sütü yüksek yağ içeriğinden dolayı enerji değeri yüksek bir bitki esaslı içecek olarak değerlendirilmektedir (Verduci vd., 2019) (Çizelge 1). Ancak bitki esaslı sütlerin besinsel içeriği ve kalori değerinin formülasyona göre oldukça değişkenlik gösterebileceği de vurgulanmalıdır. Hindistan cevizi sütü üretimi sırasıyla sıcak suda bekletme, kabuk soyma, haşlama ya da buharda pişirme, yağ öğütme, filtrasyon, ingrediyenlerin eklenmesi, homojenizasyon ve sterilizasyon prosesleri ile yapılmaktadır (Aydar vd., 2020). Hindistan cevizi sütü çoğunlukla Çin, Hindistan ve Güneydoğu Asya ülkelerinde tüketilmektedir. Hindistan cevizi sütü doğrudan tüketimin yanı sıra körili yemekler Hindistan cevizi reçeli, Hindistan cevizi şurubu, Hindistan cevizi peyniri, unlu mamuller, tatlılar ve içecekler gibi çok çeşitli gıda ürünlerinin hazırlanmasında önemli bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Belew ve Belew, 2007). Küresel Hindistan cevizi sütü pazarının büyüklüğü 2019 yılında 1.1 milyar dolar olarak iken, %17.1'lik bir artışla 2027 yılına kadar 2.9 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Allied Market Research, 2023).

Hindistan cevizi sütü %87 oranında doymuş yağ asidi içermektedir. Doymuş yağ asitlerinin %44'ünü laurik asit, %13'ünü kaprilik asit ve kaprik asit oluşturmaktadır. Anne sütünde de bulunan laurik asidin beyin gelişimini ve kemik sağlığını desteklediği bildirilmiştir (Fernando vd., 2015). Laurik asidin ayrıca bağışıklık sistemini

güçlendirici, kan damarlarının elastikiyetini korumada yardımcı, antiviral ve antibakteriyel özellikleri bildirilmiştir (Alyaqoubi vd., 2015). Hindistan cevizi diğer bitkisel hammaddelerin aksine hipoalerjeniktir (Sethi vd., 2016). Diğer yandan, Hindistan cevizi sütündeki kalsiyum içeriği nispeten düşük olup günlük kalsiyum ihtiyacının yalnızca yaklaşık %4'ünü karşılamaktadır (Katz, 2018).

### **Pirinç Sütü**

Pirinç (*Oryza sativa*), başta Asya ülkeleri olmak üzere dünya çapında en çok tüketilen tahıllardan biridir (Folorunso vd., 2016). Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı, özellikle de Güneydoğu Asya ülkeleri, pirinci temel gıda maddesi olarak tüketmektedir. Yakın tarihte Batı ülkelerinde de pirinç tüketiminde artış gözlenmiştir (Kelly, 2016). Pirinç, hipoalerjenik bir hammadde olup, gluten içermemesi sebebiyle de bazı tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Pirinç, yüksek bir enerji kaynağıdır, önemli düzeyde protein, mineral ve B grubu vitaminler ile çok düşük miktarda lipid içeriğine sahiptir (Walter vd., 2008). Yaklaşık %90 oranında nişasta ve %10 oranında protein içeren pirinç, treonin ve lizin esansiyel aminoasitlerini içermemektedir (Jiang vd., 2016). Pirincin besin değeri, öğütme derecesine göre yani kepek tabakasını içerme düzeyine göre önemli düzeyde değişkenlik gösterir. Jeske vd., (2017) ticari olarak mevcut bitkisel süt benzeri içeceklerin bazı fizikokimyasal ve besinsel özelliklerini incelemiş ve pirinç sütlerinin glisemik yüklerinin diğer çeşitlere göre daha yüksek, protein içeriğinin ise oldukça düşük olduğunu tespit etmiştir.

Pirinç sütü sırasıyla suda bekletme, haşlama ve buharda pişirme,  $\alpha$ -amilaz ve/veya  $\beta$ -amilaz ilavesi, yağ öğütme, filtrasyon, homojenizasyon ve ısı işlem prosesleri ile üretilmektedir (Aydar vd., 2020). Pirinç sütünün ham maddesi kepekten uzaklaştırılmış olan beyaz pirinçtir. Dolayısıyla pirinç kepeğinin önemli bileşenleri olan E ve B grubu vitaminler ve antioksidatif etkiye sahip başta gama-orizanol olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşikler pirinç sütüne aktarılamamaktadır. Pirinç kepeği ise yüksek yağ içeriği nedeniyle sütte ransidite problemlerine yol açmaktadır (Paul vd., 2020). Çizelge 1'de görüldüğü gibi pirinç sütü

protein içeriği en düşük bitki esaslı süttür. Pirinç sütü, bitki esaslı sütler arasında en az alerjik olanıdır ve laktöz intoleransı, soya veya süte alerjisi olan kişiler tarafından tüketilebilmektedir (USDA, 2018; Atkinson vd., 2008). Decloedt vd., (2018), pirinç sütünde  $\beta$ -sitosterol, stigmasterol, kampesterol, brassicasterol ve ergosterol dahil olmak üzere suda çözünür glikosidik fitosterollerin bulunduğunu bildirmiştir. Pirinçte temel bir element olan ve %85'ten fazlası kepekte bulunan demir, pirincin süte işlenmesi sırasında yapıdan uzaklaşmaktadır. Pirinç sütü kalsiyum bakımından da çok fakirdir. Tüketicilerin beslenme gereksinimlerinin karşılanması için, pirinç sütünün anılan minerallerce zenginleştirilmesi gerekmektedir (Chalupa-Krebdzak vd., 2018; Sethi vd., 2016; Ishimaru vd., 2010). Pirincin çevreden daha fazla arseniği bünyesine alma eğilimi ve arseniğin toksik etkileri nedeniyle, Birleşik Krallık Gıda Standartları Ajansı, 5 yaşın altındaki çocuklara anne sütü, bebek maması veya inek yerine pirinç sütünün verilmemesini önermektedir (Food Standards Agency, 2018). Pirinç sütünün yüksek nişasta içeriği nedeniyle gösterdiği stabilizasyon problemi nişastanın  $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilaz ilavesiyle enzimatik hidrolizi ile çözülebilmektedir (Mitchell vd., 1988). Duyusal açıdan iyileştirme için pirinç sütü formülasyonları tam tahıllı pirinç şurubu ve vanilya gibi lezzet arttırıcılarla desteklenebilmektedir (Tzifi vd, 2014).

### Bezelye Sütü

Bezelye (*Pisum sativum* L.), içerdiği yüksek miktarda protein ve diğer baklagil proteinlerine kıyasla daha düşük alerjeniteye sahip olduğu için bitkisel beslenmede önemli bir baklagil olarak öne çıkmaktadır (Aluko vd., 2009; Arteaga vd., 2020). Bezelyenin proteini içeriği %20-30 arasında değişmektedir (Koyoro ve Powers, 1987). Bezelye proteinleri esas olarak tuzda çözünen globulinlerden (toplam proteinin %55-80'i) ve suda çözünür albuminlerden (toplam proteinin %18-25'i) oluşmaktadır. Ayrıca bezelye proteinleri içermiş olduğu sekiz esansiyel amino asit ve özellikle yüksek seviyelerde lisin ve arginin sayesinde yüksek kaliteli protein olarak değerlendirilmektedir (Duranti, 2006; Kaur vd., 2007; Roy vd., 2010). Bezelye B grubu vitaminleri,

folik asit, kalsiyum, demir ve potasyum gibi çeşitli vitamin ve mineralleri içermektedir. Tripsin inhibitörü ve fitat gibi anti-beslenme faktörleri soya fasulyesine kıyasla bezelyede daha düşük miktarlarda bulunmaktadır (Ma vd., 2021). Soya proteinleri ile karşılaştırıldığında, bezelye proteinleri daha düşük alerjik etkilere ve daha yüksek sindirilebilirliğe sahiptir (Allred vd., 2004; Owusu-Ansah ve McCurdy, 1991). Bezelyenin sahip olduğu bu avantajlar gıda endüstrisinde ham madde olarak kullanımını arttırmaktadır (Bi vd., 2020). Bezelyeden üretilen bezelye tofusu, bezelye keki, bezelye unu ve bezelye sütü gibi ürünlerin miktarı son yıllarda belirgin bir şekilde artış göstermiştir (Xing vd., 2022).

2019'da 122.9 milyon \$ değerinde olan küresel bezelye sütü pazarının 2027'de 251.2 milyon \$ değerine ulaşması beklenmektedir. Kuzey Amerika ülkeleri, 2019'da 46.2 milyon \$ değerinde bezelye sütü pazarına en yüksek katkıyı yapan ülkeler olarak öne çıkmaktadır. Bezelye sütü endüstrisinin büyümesi, dünya genelinde vegan beslenen tüketicilerin sayısındaki artışa atfedilmektedir (Allied Market Research, 2023). Bezelye sütü genel olarak kuru tohumun suda bekletilmesi, kabuğunun soyulması, yaş öğütülmesi, filtrasyon ve ısıtma işlem aşamaları ile üretilmektedir (Ma vd., 2021; Zhang vd., 2020).

Bezelye içerdiği prebiyotik oligosakkaritler sayesinde gastrointestinal fonksiyonun gelişimine katkı sağlamaktadır. Ayrıca bezelyede baskın fenolik bileşikler olan flavonoidler, fenolik asitler ve prosiyanidinler anti-karsinojen ve anti-inflamatuar etki göstermektedir (Nawaz vd., 2020). Ticari bezelye sütleri, hammaddenin formülasyonda kullanılma oranına bağlı olmakla birlikte, genel olarak %3.3 oranında protein içermektedir (Reyes-Jurado vd., 2021) (Çizelge 1). Diğer baklagillerin aksine, bezelyenin olgunluk aşaması büyük öneme sahiptir. Tohum büyümesi ve olgunlaşması sırasında besin içeriği ve bileşiminde meydana gelen kayda değer değişiklikler işlenmiş ürünün fizikokimyasal özelliklerini de önemli oranda etkilemektedir (Aspartate ve Murray, 1992; Daveby vd., 1993; Devi vd., 2019). Bu nedenle, bezelye esaslı sütlerin arzu edilen bileşimini ve fizikokimyasal

özelliklerini elde etmek için bezelyeleri optimum olgunluk aşamasında seçmenin çok önemli olduğu ifade edilmektedir (Nawaz vd., 2020).

Bezelyenin potansiyel sağlık riski, içerdiği vicilin ve convicilin alerjenleri ile ilişkilendirilmektedir (Sanchez-Monge vd., 2004; Vallath vd., 2022). Bezelye sütünün tüketimini kısıtlayan bir diğer faktör ise istenmeyen fasulyemsi aromadır. Üretim sırasında yapılan farklı ön işlemler ve formülasyona ilave edilen çeşitli ingrediyenler ve aroma maddeleri fasulye aromasının azaltılması veya maskelenmesine yardımcı olabilmektedir. Alkali suda bekletme, kabuk soyma, haşlama ve vakum uygulaması gibi ön işlemlerin bezelye sütlerinin aromasını iyileştirmede olumlu yönde etkili olduğu bildirilmiştir (Andaç, 2022; Ma vd., 2021).

### Susam Sütü

*Pedaliaceae* familyasına ait susam (*Sesamum indicum* L.), dünyadaki en eski yağlı tohumlardan biri olarak bilinmektedir (Bodoira vd., 2017). Susam tohumu, yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmasının yanı sıra iyi bir protein, mineral ve yağ kaynağıdır (Silva vd., 2020). Susam %45-65 oranında yağ, %19-35 oranında protein, %14-20 oranında karbonhidrat içermektedir. Susam yağı palmitik (%8.58) ve stearik asitler (%5.44) gibi doymuş yağ asitleri ve oleik (%35-50) ve linoleik asitler (%46.26) gibi doymamış yağ asitleri bakımından zengindir (Sharma vd., 2020). Susam tüketiminin kardiyovasküler rahatsızlıklar, damar sertliği ve oksidatif strese bağlı hastalıklara yakalanma riskinin azalmasına yardımcı olduğu ileri sürülmektedir (Vittori Gouveia vd., 2016). Bu biyolojik etkiler susam tohumlarında bol miktarda bulunan sesamin, sesaminol, sesamol ve sesaminol gibi lignanlara atfedilmektedir (Rangkadilok vd., 2010). Bu bileşiklerin yanı sıra susam; ferulik asit, sinapik asit, *p*-kumarik asit vb. fenolik bileşikler açısından da zengindir (Othman vd., 2015). Susam önemli bir bakır ve kalsiyum kaynağıdır. Susam tohumları yüksek miktarlarda demir, fosfor, magnezyum, çinko, ile B<sub>1</sub> (tiyamin) ve B<sub>3</sub> (niasin) vitaminlerini ihtiva etmektedir. Lignanlar (919 mg/100 g) ve  $\gamma$ -tokoferolün (25 mg/100 g) susamda en çok bulunan antioksidanlar olduğu belirtilmiştir (Fitrotin vd.,

2015). Susam, soya gibi bitkisel protein kaynaklarında yetersiz olan metiyonin, sistein ve triptofan aminoasitleri bakımından zengindir. Susam için sınırlayıcı aminoasit ise lisindir (Olasunkanmi vd., 2017; Silva vd., 2020). Susam tohumları, bir anti-beslenme faktörü olarak kabul edilen okzalatlara önemli miktarda içermektedir (Kapadia vd., 2002). Okzalatlara susamın dış gövdesi ile sınırlı olduğu için çoğu dekortikasyon işlemi ile yapıdan uzaklaştırılmaktadır (Quasem vd., 2009). Susam tohumları doğrudan tahin ve dolaylı olarak da çeşitli tatlılarda ingrediyen olarak dünya genelinde kullanılsa da kişi başına düşen tüketimi düşüktür. Bu nedenle, susam tüketimini arttırma yöntemlerinden biri, susam sütü üretimidir. Susam sütü, inek sütüne renk ve doku bakımından nispeten benzeyen bir içecektir (Ahmadian-Kouchaksaraei vd., 2015). Susam sütü; sıcak suda bekletme ve kabuk soyma; seyretilik asit ya da baz çözeltisinde pişirme, bekletme ve kabuk soyma; suda bekletme, süzme ve buharda pişirme ya da haşlama; yağ öğütme ve filtrasyon, ingrediyen ilavesi ve homojenizasyon gibi aşamalar ile üretilmektedir (Aydar vd., 2020). Susam proteinlerinin majör fraksiyonu globülinler olup, tuzlu suda çözünürler ve ısı denatürasyonuna karşı hassastırlar. Bu nedenle, susam proteinlerinin gıda formülasyonlarında özellikle de sıvı gıda ve içecek formülasyonlarında kullanımları kısıtlı olup, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinde çeşitli prosesler ile birtakım modifikasyonlar yapılmaktadır (Quasem vd., 2009). Kavurma ve alkali ıslatmanın, susam sütünde acılığı ve tebeşirimsi aromayı azaltarak genel kabul edilebilirliği ve lezzeti arttırdığı tespit edilmiştir (Sethi vd., 2016). Susam sütü, soya sütünden daha az stakioz ve rafinoz içermektedir. Bu nedenle şişkinlik ve hazımsızlık gibi şikayetlere daha az neden olmaktadır (Fitrotin vd., 2015). Ayrıca daha hipoalerjenik ve aromatik olan susam sütü, soya proteinlerinin yüksek alerjenitesi ve istenmeyen fasulye aromasından dolayı soya sütü tüketimindeki kısıtlamalara karşı iyi bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Ahmadian-Kouchaksaraei vd., 2014).

### Kenevir Tohumu Sütü

Besinsel içeriğinden dolayı büyük ilgi gören kenevir (*Cannabis sativa* L.) eski zamanlardan beri

insan gıdası olarak tüketilmektedir. Kenevir tohumlarından elde edilen yağ, un, protein tozu ve süt gibi çeşitli ürünler piyasada ticari olarak mevcuttur. Kenevir tohumu esas olarak %35.5 yağ, %24.8 protein, %20-30 oranında karbonhidrat ve %27.6 toplam lif içermekte olup, E vitamini (90 mg/100 g) ve mineraller (sodyum, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, kükürt, demir ve çinko) açısından da zengin bir kaynaktır (Andre vd., 2016; Orio vd., 2017; Paul vd., 2020). Ayrıca, kenevir tohumu  $\omega$ -3 ( $\alpha$ -linolenik asit) ve  $\omega$ -6 (linoleik asit) yağ asitleri bakımından da oldukça değerli bir kaynaktır ve bu bileşiklerin özellikle kardiyovasküler sistem üzerinde yararlı etkileri olduğu belirtilmektedir (Rodriguez-Leyva ve Pierce, 2010). Kenevir tohumları, genellikle bitkisel proteinlerde düşük miktarlarda bulunan metiyonin ve sistein gibi kükürlü aminoasitler ile birlikte sekiz esansiyel amino asidin tamamını içermektedir (Tang vd., 2006). Diğer yandan kenevir tohumu tanenler, tripsin inhibitörleri, saponin ve fitik asit gibi anti-beslenme faktörlerini de içermektedir (Galasso vd., 2016).

Kenevir sütü genel olarak suda bekletme, ıslak öğütme, filtrasyon, homojenizasyon ve sterilizasyon gibi ardışık prosesler ile üretilmektedir (Aydar vd., 2020). Su içinde yağ emülsiyonu olan kenevir tohumu sütü oldukça kararsız olup, üretim esnasında da topaklanma ve kremalaşma eğilimindedir. Bu durumu önlemek için genellikle emülgatörler ve/veya stabilizatörler kullanılmaktadır. Ayrıca proteinin lipit damlacık yüzeyine adsorbe edildiği ve böylece agregasyonun azaltılabildiği yüksek basınçlı homojenizasyon gibi yöntemler de bu amaç için kullanılabilir (Wang vd., 2018). Kenevir; badem ve soya gibi tipik gıda alerjenlerinden biri değildir (Curl vd., 2020). Kenevir sütünün anti-trombotik, anti-vazokonstriktif, anti-enflamatuar, anti-nöroinflammatuar aktivite gibi bazı etkileri olduğu rapor edilmiştir. Bu sağlık yararları, içermiş olduğu linolenik asit, linoleik asit ile  $\gamma$ -tokoferol, kanabidiolik asit ve lignanamid gibi biyoaktif bileşikler ile ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte kenevir sütünün yüksek dozda çeşitli toksik etkiler gösterebileceği de belirtilmiştir (Paul vd., 2020).

## SONUÇ

Sonuç olarak, daha detaylı incelendiğinde bitki esaslı süt benzeri içeceklerin bireysel olarak besinsel içerik, üretim yöntemi ve çeşitli özellikler bakımından birbirlerinden önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tipik bir inek sütü ile karşılaştırıldığında, formülasyona göre önemli varyasyonlar göstermekle birlikte, bitki esaslı süt benzeri içeceklerin özellikle besinsel açıdan tatmin edici olmadığını söylemek yanlış olmaz. İnek sütü ve süt ürünleri yüksek protein ve kalsiyumun yanı sıra önemli miktarda iyot, B<sub>2</sub> ve B<sub>12</sub> vitamini kaynağıdır (Mäkinen vd., 2016). Bitki esaslı süt benzeri içecekler her ne kadar mineral ve vitaminlerce zenginleştiriliyorlar ise de özellikle protein bakımından hayvan sütüne kıyasla fakirdirler. Bununla birlikte, soya, bezelye, kenevir ve susam sütlerinin görece daha yüksek, pirinç sütünün ise oldukça düşük protein miktarına sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 1). Bu bağlamda, bitki esaslı süt benzeri içeceklerin özellikle bebek ve çocuk beslenmesinde inek ya da keçi sütü gibi hayvansal sütlerin doğrudan bir ikamesi olarak tüketilmesinin ve “süt” olarak anılmasının sakıncalı olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan yetişkinler ve/veya süt proteini allerjisi vb. sağlık ile ilgili bir sebepten dolayı hayvansal süt tüketemeyen bireyler için bitki esaslı süt benzeri içecekler önemli bir alternatif ürün grubudur. Ayrıca bitki esaslı süt benzeri içecekler, hayvansal sütlere kıyasla daha düşük sera gazı salınımına sahip olduklarından daha çevre dostu bir alternatiftir (Clune vd., 2017; Haas vd., 2019).

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZAR KATKILARI

Yazarlar makalenin derlenmesinde eşit katkı sunmuşlardır.

## KAYNAKLAR

Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M. J., Pourazarang, H. (2014). Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 299-305.



- Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M. J., Pourazarang, H. (2015). Study of stability characteristics of sesame milk: Effect of pasteurization temperature, additives, and homogenisation pressure. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 7(5), 677-686.
- Ahrens, S., Venkatachalam, M., Mistry, A. M., Lapsley, K., Sathe, S. K. (2005). Almond (*Prunus dulcis* L.) protein quality. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(3), 123-128. <https://doi.org/10.1007/s11130-005-6840-2>
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M., Ohshima, T. (2003). Turkish tumbul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3790-3796. <https://doi.org/10.1021/jf0212385>
- Allied Market Research (2021). Peanut Milk Market Size, Share and Trends |Report Forecast 2030. <https://www.alliedmarketresearch.com/peanut-milk-market-A13627> (Erişim tarihi:06.03.2023)
- Allied Market Research (2023). <https://www.alliedmarketresearch.com/pea-milk-market-A09867> (Erişim tarihi:10.03.2023)
- Allred, C. D., Allred, K. F., Ju, Y. H., Goepfinger, T. S., Doerge, D. R., Helferich, W. G. (2004). Soy processing influences growth of estrogen-dependent breast cancer tumors. *Carcinogenesis*, 25(9), 1649-1657.
- Aluko, R. E., Mofolasayo, O. A., Watts, B. M. (2009). Emulsifying and foaming properties of commercial yellow pea (*Pisum sativum* L.) seed flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(20), 9793-9800.
- Alyaqoubi, S., Abdullah, A., Samudi, M., Abdullah, N., Addai, Z. R., Musa, K. H. (2015). Study of antioxidant activity and physicochemical properties of coconut milk (*Pati santan*) in Malaysia. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 967-973.
- Andaç, A. E. (2022). Bezelye Esaslı İçecek Üretiminde Farklı Ön İşlemlerin Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Andre, C. M., Hausman, J. F., Guerriero, G. (2016). *Cannabis sativa*: The plant of the thousand and one molecules. *Frontiers in Plant Science*, 7, 19.
- Antunes, I. C., Bexiga, R., Pinto, C., Roseiro, L. C., Quaresma, M. A. G. (2022). Cow's milk in human nutrition and the emergence of plant-based milk alternatives. *Foods*, 12(1), 99.
- Arteaga, V. G., Guardia, M. A., Muranyi, I., Eisner, P., Schweiggert-Weisz, U. (2020). Effect of enzymatic hydrolysis on molecular weight distribution, techno-functional properties and sensory perception of pea protein isolates. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 65, 102449.
- Aspartate, V. and Murray, D.R. (1992). Amino acid and amide metabolism in the hulls and seeds of developing fruits of garden pea, *Pisum sativum* L.. *New Phytologist*, 120, 259-264. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb05662.x>
- Avelar, Z., Vicente, A. A., Saraiva, J. A., Rodrigues, R. M. (2021). The role of emergent processing technologies in tailoring plant protein functionality: New insights. *Trends in Food Science and Technology*, 113, 219-231.
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>
- Bartula, K., Begley, M., Latour, N., Callanan, M. (2023). Growth of food-borne pathogens *Listeria* and *Salmonella* and spore-forming *Paenibacillus* and *Bacillus* in commercial plant-based milk alternatives. *Food Microbiology*, 109, 104143.
- Beacom, E., Bogue, J., Repar, L. (2021). Market-oriented development of plant-based food and beverage products: A usage segmentation approach. *Journal of Food Products Marketing*, 27(4), 204-222.
- Belewu, M. A., Belewu, K. Y. (2007). Comparative physico-chemical evaluation of

- tiger-nut, soybean and coconut milk sources. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(785), e787.
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., González-Martínez, C. (2015). Development of a non-dairy probiotic fermented product based on almond milk and inulin. *Food Science and Technology International*, 21(6), 440-453. <https://doi.org/10.1177/1082013214543705>
- Bi, S., Xu, X., Luo, D., Lao, F., Pang, X., Shen, Q., Hu, X. Wu, J. (2020). Characterization of key aroma compounds in raw and roasted peas (*Pisum sativum* L.) by application of instrumental and sensory techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(9), 2718-2727.
- Bocker, R., Silva, E. K. (2022). Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. *Future Foods*, 5, 100098. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100098>
- Bodoira, R., Velez, A., Andreatta, A. E., Martínez, M., Maestri, D. (2017). Extraction of bioactive compounds from sesame (*Sesamum indicum* L.) defatted seeds using water and ethanol under sub-critical conditions. *Food Chemistry*, 237, 114-120.
- Bridges, M. (2018). Moo-ove over, cow's milk: The rise of plant-based dairy alternatives. *Practical Gastroenterology*, 21, 20-27.
- Briviba, K., Gräf, V., Walz, E., Guamis, B., Butz, P. (2016). Ultra high pressure homogenization of almond milk: Physico-chemical and physiological effects. *Food Chemistry*, 192, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.063>
- Cai, J. S., Feng, J. Y., Ni, Z. J., Ma, R. H., Thakur, K., Wang, S., Hu, F., Zhang, J. G., Wei, Z. J. (2021). An update on the nutritional, functional, sensory characteristics of soy products, and applications of new processing strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 112, 676-689. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.039>
- Calamelli, E., Trozzo, A., Di Blasi, E., Serra, L., Bottau, P. (2021). Hazelnut allergy. *Medicina*, 57(1), 1-9. <https://doi.org/10.3390/medicina57010067>
- Chalupa-Krebzdak, S., Long, C. J., Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 87, 84-92.
- Chaudhary, J., Patil, G. B., Sonah, H., Deshmukh, R. K., Vuong, T. D., Valliyodan, B., Nguyen, H. T. (2015). Expanding omics resources for improvement of soybean seed composition traits. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1-16. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2015.01021/BIBTEX>
- Chen, S. S., Lee, D., Zhang, H., Cao, X. H., DuPrez, K. (2022). Long-term IgE immunological tolerance to peanut allergens: An alternative to Noon's daily desensitization paradigm. *Cellular Immunology*, 381, 104611. <https://doi.org/10.1016/j.cellimm.2022.104611>
- Clune, S., Crossin, E., Verghese, K. (2017). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, 140, 766-783.
- Collier, E. S., Harris, K. L., Bendtsen, M., Norman, C., Niimi, J. (2023). Just a matter of taste? Understanding rationalizations for dairy consumption and their associations with sensory expectations of plant-based milk alternatives. *Food Quality and Preference*, 104, 104745.
- Comerford, K. B., Miller, G. D., Boileau, A. C., Masiello Schuette, S. N., Giddens, J. C., Brown, K. A. (2021). Global review of dairy recommendations in food-based dietary guidelines. *Frontiers in Nutrition*, 8, 671999.
- Cooper, H., Rivero-Mendoza, D., Dahl, W. J. (2020). Plant-Based Milks: Oat. *EDIS*, 5, 1-3. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FS419>
- Craig, W. J., Brothers, C. J., Mangels, R. (2021). Nutritional content and health profile of single-serve non-dairy plant-based beverages. *Nutrients*, 14(1), 162. <http://dx.doi.org/10.3390/nu14010162>
- Cui, N., Wang, G., Ma, Q., Zhao, T., Li, R., Liang, L. (2020). Effect of cold-pressed on fatty acid

- profile, bioactive compounds and oil oxidation of hazelnut during oxidation process. *LWT-Food Science and Technology*, 129, 109552. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109552>
- Daveby, Y. D., Abrahamsson, M., Åman, P. (1993). Changes in chemical composition during development of three different types of peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 63(1), 21-28.
- Decloedt, A. I., Van Landschoot, A., Watson, H., Vanderputten, D., Vanhaecke, L. (2017). Plant-based beverages as good sources of free and glycosidic plant sterols. *Nutrients*, 10(1), 21.
- Deora, N., Deswal, A. (2018). Non-dairy based beverages: An insight. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, 1(1), 1-4.
- Deswal, A., Deora, N. S., Mishra, H. N. (2014). Optimization of enzymatic production process of oat milk using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 610-618. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1144-2>
- Devi, J., Sanwal, S. K., Koley, T. K., Mishra, G. P., Karmakar, P., Singh, P. M., Singh, B. (2019). Variations in the total phenolics and antioxidant activities among garden pea (*Pisum sativum* L.) genotypes differing for maturity duration, seed and flower traits and their association with the yield. *Scientia Horticulturae*, 244, 141-150.
- Devnani, B., Ong, L., Kentish, S., Gras, S. (2020). Heat induced denaturation, aggregation and gelation of almond proteins in skim and full fat almond milk. *Food Chemistry*, 325, 126901. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126901>
- Divya, P. M., Roopa, B. S., Manusha, C., Balannara, P. (2022). A concise review on oil extraction methods, nutritional and therapeutic role of coconut products. *Journal of Food Science and Technology*, 60, 441- 452.
- Dhakal, S., Liu, C., Zhang, Y., Roux, K. H., Sathe, S. K., Balasubramaniam, V. M. (2014). Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. *Food Research International*, 62, 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.021>
- Drewnowski, A. (2022). Most plant-based milk alternatives in the usda branded food products database do not meet proposed nutrient standards or score well on nutrient density metrics. *Nutrients*, 14(22), 4767.
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77(2), 67–82.
- Fernando, W. M. A. D. B., Martins, I. J., Goozee, K. G., Brennan, C. S., Jayasena, V., Martins, R. N. (2015). The role of dietary coconut for the prevention and treatment of Alzheimer's disease: Potential mechanisms of action. *British Journal of Nutrition*, 114(1), 1-14.
- FAOSTAT. (2021). <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Erişim tarihi 12 Aralık 2022.
- Fitrotin, U., Utami, T., Hastuti, P., Santoso, U. (2015). Antioxidant properties of fermented sesame milk using *Lactobacillus plantarum* Dad 13. *International Research Journal of Biological Sciences*, 4(6), 56-61.
- FMI (Future Market Insights). (2023). Plant-based milk market by category, by form, by product type, by flavor type, by end-use, by sales channel, by region for 2023–2033. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/plant-based-milk-market>.
- Folorunso, A. A., Omoniyi, S. A., Habeeb, A. S. (2016). Proximate composition and sensory acceptability of snacks produced from broken rice (*Oryza sativa*) flour. *American Journal of Food and Nutrition*, 6(2), 39–43. <https://doi.org/10.5251/ajfn.2016.6.2.39.43>
- Food Standards Agency. (2018). Arsenic in rice. <https://www.food.gov.uk/safety-hygiene/arsenic-in-rice>. Erişim tarihi; 10 Aralık 2022.
- Fructuoso, I., Romão, B., Han, H., Raposo, A., Ariza-Montes, A., Araya-Castillo, L., Zandonadi, R.P. (2021). An overview on nutritional aspects of plant-based beverages used as substitutes for cow's milk. *Nutrients*, 13, 2650. <https://doi.org/10.3390/nu13082650>
- Fuentes, C., Fuentes, M. (2017). Making a market for alternatives: Marketing devices and the qualification of a vegan milk substitute. *Journal of Marketing Management*, 33, 529-555.

- <https://doi.org/10.1080/0267257X.2017.1328456>
- Fukuda, M., Kobayashi, M., Honda, Y. (2017). Functional Components and Health Benefits of Fermented Soymilk. In: *Soft Chemistry and Food Fermentation*, Grumezescu, A. M., Holban A. M. (eds.), Academic Press, the UK, pp. 145–178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811412-4.00006-0>
- Galasso, I., Russo, R., Mapelli, S., Ponzoni, E., Brambilla, I. M., Battelli, G., Reggiani, R. (2016). Variability in seed traits in a collection of *Cannabis sativa* L. genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 7, 688.
- Gao, Y., Cui, N., Liu, J., Ma, Q., Zhao, T., Yang, Z., Zhao, H., Zhang, B., Liang, L. (2022). Application of metabolomics to explore the automatic oxidation process of hazelnut oil. *Food Research International*, 162, 111888. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111888>
- Grundy, M. M.-L., Lapsley, K., Ellis, P. R. (2016). A review of the impact of processing on nutrient bioaccessibility and digestion of almonds. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1937-1946. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13192>
- Gul, O., Atalar, I., Saricaoglu, F. T., Yazici, F. (2018). Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An investigation by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), 13615. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13615>
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Atalar, I., Yazici, F. (2017). Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 411-420. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.05.002>
- Haas, R., Schnepps, A., Pichler, A., Meixner, O. (2019). Cow milk versus plant-based milk substitutes: A comparison of product image and motivational structure of consumption. *Sustainability*, 11: 5046.
- Hakkola, S., Nylund, L., Rosa-Sibakov, N., Yang, B., Nordlund, E., Pahikkala, T., Kalliomaki, M., Aura A.M., Linderborg, K.M. 2021. Effect of oat  $\beta$ -glucan of different molecular weights on fecal bile acids, urine metabolites and pressure in the digestive tract- A human cross over trial. *Food Chemistry*, 342, 128219.
- Huang, Y. P., Paviani, B., Fukagawa, N. K., Phillips, K. M., Barile, D. (2023). Comprehensive oligosaccharide profiling of commercial almond milk, soy milk, and soy flour. *Food Chemistry*, 409, 135267.
- Iorio, M. C., Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Campaniello, D., Sinigaglia, M., Altieri, C. (2019). A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.026>
- Isanga, J., Zhang, G. (2009). Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1132-1138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.01.014>
- Ishimaru, Y., Masuda, H., Bashir, K., Inoue, H., Tsukamoto, T., Takahashi, M., Nakanishi, H., Aoki, N., Hirose, T., Ohsugi R., Nishizawa, N. K. (2010). Rice metal-nicotianamine transporter, OsYSL2, is required for the long-distance transport of iron and manganese. *The Plant Journal*, 62(3), 379-390.
- Janila, P., Manohar, S. S., Patne, N., Variath, M. T., Nigam, S. N. (2016). Genotype×Environment interactions for oil content in peanut and stable high-oil-yielding sources. *Crop Science*, 56(5), 2506-2515. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.01.0005>
- Jeske, S., Zannini, E., Arendt, E. K. (2017). Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 26-33. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-016-0583-0>
- Jiang, S. Y., Ma, A., Xie, L., Ramachandran, S. (2016). Improving protein content and quality by over-expressing artificially synthetic fusion proteins with high lysine and threonine

- constituent in rice plants. *Scientific Reports*, 6(1), 34427.
- Kapadia, G. J., Azuine, M. A., Tokuda, H., Takasaki, M., Mukainaka, T., Konoshima, T., Nishino, H. (2002). Chemopreventive effect of resveratrol, sesamol, sesame oil and sunflower oil in the Epstein–Barr virus early antigen activation assay and the mouse skin two-stage carcinogenesis. *Pharmacological Research*, 45(6), 499–505.
- Katz, Y., Gutierrez-Castrellon, P., González, M. G., Rivas, R., Lee, B. W., Alarcon, P. (2014). A comprehensive review of sensitization and allergy to soy-based products. *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*, 46(3), 272–281. <https://doi.org/10.1007/S12016-013-8404-9/FIGURES/2>
- Katz, A. C. (2018). Milk nutrition and perceptions. *Submitted in partial fulfillment of the requirements for the University Honors Scholar designation at Johnson and Wales University*, 4–12.
- Katidi, A., Xypolitaki, K., Vlassopoulos, A., Kapsokefalou, M. (2023). Nutritional quality of plant-based meat and dairy imitation products and comparison with animal-based counterparts. *Nutrients*, 15(2), 401.
- Kaur, M., Singh, S. K., Narpinder, S. (2007). Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 104(1), 259–267.
- Kelly, M. (2016). The nutrition transition in developing Asia: Dietary change, drivers and health impacts. *Eating, Drinking: Surviving: The International Year of Global Understanding-IYGU*, 83–90.
- Koyoro, H., Powers, J. R. (1987). Functional properties of pea globulin fractions. *Cereal Chemistry*, 64(2), 97–101.
- Krizanova, J., Rosenfeld, D. L., Tomiyama, A. J., Guardiola, J. (2021). Pro-environmental behavior predicts adherence to plant-based diets. *Appetite*, 163, 105243.
- Köksal, A. İ., Artik, N., Şimşek, A., Güneş, N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.013>
- Li, Y., Chen, M., Deng, L., Liang, Y., Liu, Y., Liu, W., Chen, J., Liu, C. (2021). Whole soybean milk produced by a novel industry-scale microfluidizer system without soaking and filtering. *Journal of Food Engineering*, 291, 110228. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2020.110228>
- Lu, Q., Zuo, L., Wu, Z., Li, X., Tong, P., Wu, Y., Fan, Q., Chen, H., Yang, A. (2022). Characterization of the protein structure of soymilk fermented by *Lactobacillus* and evaluation of its potential allergenicity based on the sensitized-cell model. *Food Chemistry*, 366, 130569. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130569>
- Ma, L., Li, B., Han, F., Yan, S., Wang, L., Sun, J. (2015). Evaluation of the chemical quality traits of soybean seeds, as related to sensory attributes of soymilk. *Food Chemistry*, 173, 694–701. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.096>
- Ma, W., Zhang, C., Kong, X., Li, X., Chen, Y., Hua, Y. (2021). Effect of pea milk preparation on the quality of non-dairy yoghurts. *Food Bioscience*, 44, 101416.
- Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., Shahraki, M. H. (2016). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 828–839. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12661>
- Mäkinen, O.E., Wanhalinna, V., Zannini, E., Arendt, E.A. (2016) Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349.
- Manzoor, M. F., Siddique, R., Hussain, A., Ahmad, N., Rehman, A., Siddeeg, A., Alfarga, A., Alshammari, G. M., Yahya, M. A. (2021). Thermo-sonication effect on bioactive

- compounds, enzymes activity, particle size, microbial load, and sensory properties of almond (*Prunus dulcis*) milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78, 105705. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105705>
- Martínez-Padilla, E., Li, K., Blok Frandsen, H., Skejovic Joehnke, M., Vargas-Bello-Pérez, E., Lykke Petersen, I. (2020). *In vitro* protein digestibility and fatty acid profile of commercial plant-based milk alternatives. *Foods*, 9(12), 1784.
- Martínez-Padilla, E., Faber, I., Petersen, I. L., Vargas-Bello-Pérez, E. (2023). Perceptions toward plant-based milk alternatives among young adult consumers and non-consumers in Denmark: An Exploratory Study. *Foods*, 12(2), 385.
- McClements, D. J., Newman, E., McClements, I. F. (2019). Plant-based milks: A review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 2047-2067.
- Medic, J., Atkinson, C., Hurburgh, C. R. (2014). Current knowledge in soybean composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(3), 363-384. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2407-9>
- Mel, R., Malalgoda, M. (2022). Oat protein as a novel protein ingredient: Structure, functionality, and factors impacting utilization. *Cereal Chemistry*, 99(1), 21-36. <https://doi.org/10.1002/cche.10488>
- Messina, M. (2016). Soy and health update: Evaluation of the clinical and epidemiologic literature. *Nutrients*, 8(12), 754. <https://doi.org/10.3390/nu8120754>
- Mitchell, C. R., Mitchell, P. R., Nissenbaum, R. (1988). *U.S. Patent No. 4,744,992*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Montemurro, M., Verni, M., Rizzello, C. G., Pontonio, E. (2023). Design of a plant-based yogurt-like product fortified with hemp flour: Formulation and characterization. *Foods*, 12(3), 485.
- Narataruksa, P., Pichitvittayakarn, W., Heggs, P. J., Tia, S. (2010). Fouling behavior of coconut milk at pasteurization temperatures. *Applied Thermal Engineering*, 30(11-12), 1387-1395.
- Nawaz, M. A., Tan, M., Øiseth, S., Buckow, R. (2020). An emerging segment of functional legume-based beverages: A review. *Food Reviews International*, 38(5), 1064-1102.
- Nowshin, H., Devnath, K., Begum, A. A., Mazumder, M. A. R. (2018). Effects of soaking and grinding conditions on anti-nutrient and nutrient contents of soy milk. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 16(1), 158-163.
- Olasunkanmi, G. S., Omolayo, F. T., Olusegun, O. T. (2017). Fatty acid profile, physico-chemical and functional properties of oil and protein isolate simultaneously extracted from sesame (*Sesamum indicum*) seed. *Annals. Food Science and Technology*, 18(1), 1-10.
- Omoni, A. O., Aluko, R. E. (2005). Soybean foods and their benefits: Potential mechanisms of action. *Nutrition Reviews*, 63(8), 272-283. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2005.tb00141.x>
- Onsaard, E., Vittayanont, M., Sringam, S., McClements, D.J. (2005). Properties and stability of oil-in-water emulsion stabilized by coconut skim milk protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (14), 5747-5753.
- Orio, L. P., Boschini, G., Recca, T., Morelli, C. F., Ragona, L., Francescato, P., Anna Arnoldi, A., Speranza, G. (2017). New ACE-inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(48), 10482-10488.
- Othman, S. B., Katsuno, N., Kanamaru, Y., Yabe, T. (2015). Water-soluble extracts from defatted sesame seed flour show antioxidant activity in vitro. *Food Chemistry*, 175, 306-314.
- Owusu-Ansah, Y. J., McCurdy, S. M. (1991). Pea proteins: A review of chemistry, technology of production, and utilization. *Food Reviews International*, 7(1), 103-134
- Patil, G., Mian, R., Vuong, T., Pantalone, V., Song, Q., Chen, P., Shannon, G. J., Carter, T. C., Nguyen, H. T. (2017). Molecular mapping and genomics of soybean seed protein: A review and

- perspective for the future. *Theoretical and Applied Genetics*, 130(10), 1975-1991. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2955-8>
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005-3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Scholz-Ahrens, K. E., Ahrens, F., Barth, C. A. (2020). Nutritional and health attributes of milk and milk imitations. *European Journal of Nutrition*, 59(1), 19-34. <https://doi.org/10.1007/s00394-019-01936-3>
- Qin, P., Wang, T., Luo, Y. (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100265>
- Quasem, J. M., Mazahreh, A. S., Abu-Alruz, K. (2009). Development of vegetable based milk from decorticated sesame (*Sesamum indicum*). *American Journal of Applied Sciences*, 6(5), 888.
- Queirós, L. D. de, Dias, F. F. G., de Ávila, A. R. A., Macedo, J. A., Macedo, G. A., Leite Nobrega de Moura Bell, J. M. (2021). Effects of enzyme-assisted extraction on the profile and bioaccessibility of isoflavones from soybean flour. *Food Research International*, 147, 110474. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110474>
- Rangkadilok, N., Pholphana, N., Mahidol, C., Wongyai, W., Saengsooksree, K., Nookabkaew, S., Satayavivad, J. (2010). Variation of sesamin, sesamol and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds and oil products in Thailand. *Food Chemistry*, 122(3), 724-730.
- Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Kumar, A., Unnikrishnan, V. S. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods-A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 662-675. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., López-Malo, A. (2021). Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*, 1-32. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421>
- Riofrio, A., Baykara, H. (2022). Techno-environmental and life cycle assessment of 'oat-milk' production in Ecuador: A cradle-to-retail life cycle assessment. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 4879-4886. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15828>
- Rodriguez-Leyva, D., Pierce, G. N. (2010). The cardiac and haemostatic effects of dietary hempseed. *Nutrition and Metabolism*, 7(1), 1-9.
- Rojas, M. L., Kubo, M. T., Miano, A. C., Augusto, P. E. (2022). Ultrasound processing to enhance the functionality of plant-based beverages and proteins. *Current Opinion in Food Science*, 100939.
- Rossi, L., Ferrari, M., Ghiselli, A. (2023). The alignment of recommendations of dietary guidelines with sustainability aspects: lessons learned from Italy's example and proposals for future development. *Nutrients*, 15(3), 542.
- Roy, F., Boye, J. I., Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432-442.
- Sanchez-Monge, R., Lopez-Torrejón, G., Pascual, C. Y., Varela, J., Martin-Esteban, M., Salcedo, G. (2004). Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea. *Clinical and Experimental Allergy*, 34(11), 1747-1753.
- Seow, C. C., Gwee, C. N. (1997). Coconut milk: chemistry and technology. *International Journal of Food Science and Technology*, 32(3), 189-201.
- Sethi, S., Tyagi, S. K., Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 3408-3423.
- Sharma, S., Kaur, M., Goyal, R., Gill, B. S. (2014). Physical characteristics and nutritional composition of some new soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes. *Journal of Food Science and*

- Technology*, 51 (3), 551-557. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0517-7>
- Sharma, L., Saini, C.S., Punia, S., Nain, V., Sandhu, K.S. (2020). Sesame (*Sesamum indicum*) Seed. In: Tanwar, B., Goyal, A. (eds) *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_12)
- Silva, A. R. A., Silva, M. M. N., Ribeiro, B. D. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, 131, 108972. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>
- Silva, B. Q., Smetana, S. (2022). Review on milk substitutes from an environmental and nutritional point of view. *Applied Food Research*, 2(1), 100105. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100105>
- Silva, L. R., Velasco, J. I., Fakhouri, F. M. (2023). Use of rice on the development of plant-based milk with antioxidant properties: From raw material to residue. *LWT-Food Science and Technology*, 173, 114271.
- Singhal, S., Baker, R. D., Baker, S. S. (2017). A comparison of the nutritional value of cow's milk and nondairy beverages. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(5), 799–805. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001380>
- Singh, R., De, S., Belkheir, A. (2013). *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 126-144. Scopus. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.526725>
- Smith, N. W., Dave, A. C., Hill, J. P., McNabb, W. C. (2022). Nutritional assessment of plant-based beverages in comparison to bovine milk. *Frontiers in Nutrition*, 9, 957486.
- Sun, J., Feng, X., Lyu, C., Zhou, S., Liu, Z. (2022). Effects of different processing methods on the lipid composition of hazelnut oil: A lipidomics analysis. *Food Science and Human Wellness*, 11(2), 427-435. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.11.024>
- Sze-Tao, K. W. C., Sathe, S. K. (2000). Functional properties and *in vitro* digestibility of almond (*Prunus dulcis* L.) protein isolate. *Food Chemistry*, 69(2), 153-160. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00244-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00244-7)
- Şen, L., Okur, S. (2023). Effect of hazelnut type, hydrocolloid concentrations and ultrasound applications on physicochemical and sensory characteristics of hazelnut-based milks. *Food Chemistry*, 402, 134288. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134288>
- Tang, C. H., Ten, Z., Wang, X. S., Yang, X. Q. (2006). Physicochemical and functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8945-8950.
- Tang, Y., Li, S., Yan, J., Peng, Y., Weng, W., Yao, X., Gao, A., Cheng, J., Ruan, J., Xu, B. (2022). Bioactive components and health functions of oat. *Food Reviews International*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2029477>
- Taş, N. G., Gökmen, V. (2015). Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.08.010>
- Toro-Funes, N., Bosch-Fusté, J., Latorre-Moratalla, M. L., Veciana-Nogués, M. T., Vidal-Carou, M. C. (2015). Isoflavone profile and protein quality during storage of sterilised soymilk treated by ultra high pressure homogenisation. *Food Chemistry*, 167, 78-83. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.06.023>
- Toro-Funes, N., Bosch-Fusté, J., Veciana-Nogués, M. T., Vidal-Carou, M. C. (2014). Changes of isoflavones and protein quality in soymilk pasteurised by ultra-high-pressure homogenisation throughout storage. *Food Chemistry*, 162, 47-53. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.04.019>
- Tyug, T. S., Prasad, K. N., Ismail, A. (2010). Antioxidant capacity, phenolics and isoflavones in soybean by-products. *Food Chemistry*, 123(3), 583-589. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.04.074>



- Tzifi, F., Grammeniatis, V., Papadopoulos, M. (2014). Soy- and rice-based formula and infant allergic to cow's milk. *Endocrine, Metabolic and Immune Disorders-Drug Targets*, 14(1), 38–46. <https://doi.org/10.2174/1871530314666140121144604>
- U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/>. Erişim tarihi tarihi; 10.12.2022.
- U.S. Department of Agriculture. (2018). Beverages, rice milk, unsweetened. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4472>. Erişim tarihi tarihi; 10.12.2022.
- Vagadia, B. H., Vanga, S. K., Singh, A., Garipey, Y., Raghavan, V. (2018). Comparison of conventional and microwave treatment on soymilk for inactivation of trypsin inhibitors and *in vitro* protein digestibility. *Foods*, 7(1), Art. 1. <https://doi.org/10.3390/foods7010006>
- Vallath, A., Shanmugam, A., Rawson, A. (2022). Prospects of future pulse milk variants from other healthier pulses-As an alternative to soy milk. *Trends in Food Science and Technology*, 124, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.TIFS.2022.03.028>
- Van den Broeck, H. C., Londono, D. M., Timmer, R., Smulders, M. J. M., Gilissen, L. J. W. J., Van der Meer, I. M. (2016). Profiling of nutritional and health-related compounds in oat varieties. *Foods*, 5(1), 1-11. <https://doi.org/10.3390/foods5010002>
- Vanga, S. K., Raghavan, V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 10-20. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>
- Vanga, S. K., Wang, J., Orsat, V., Raghavan, V. (2020). Effect of pulsed ultrasound, a green food processing technique, on the secondary structure and *in-vitro* digestibility of almond milk protein. *Food Research International*, 137, 109523. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109523>
- Verduci, E., D'Elios, S., Cerrato, L., Comberinati, P., Calvani, M., Palazzo, S., Martelli, A., Landi, M., Trikamjee, T., Peroni, D. G. (2019). Cow's milk substitutes for children: Nutritional aspects of milk from different mammalian species, special formula and plant-based beverages. *Nutrients*, 11(8), 1739. <https://doi.org/10.3390/nu11081739>
- Vittori Gouveia, L. D. A., Cardoso, C. A., de Oliveira, G. M. M., Rosa, G., Moreira, A. S. B. (2016). Effects of the intake of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and derivatives on oxidative stress: A systematic review. *Journal of Medicinal Food*, 19(4), 337-345.
- Walther, B., Guggisberg, D., Badertscher, R., Egger, L., Portmann, R., Dubois, S., Haldimann, M., Kopf-Bolan, K.A., Rhyn, P., Zoller, O., Veraguth, R., Rezzi, S. (2022). Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Frontiers in Nutrition*, 9, 2645.
- Walter, M., Marchezan, E., Avila, L. A. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38(4), 1184–1192. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000400049>
- Wang, Q., Jiang, J., Xiong, Y. L. (2018). High pressure homogenization combined with pH shift treatment: A process to produce physically and oxidatively stable hemp milk. *Food Research International*, 106, 487-494.
- Wang, O., Scrimgeour, F. (2021). Willingness to adopt a more plant-based diet in China and New Zealand: Applying the theories of planned behaviour, meat attachment and food choice motives. *Food Quality and Preference*, 93, 104294.
- Wang, X., Kong, X., Zhang, C., Hua, Y., Chen, Y., Li, X. (2023). Comparison of physicochemical properties and volatile flavor compounds of plant-based yoghurt and dairy yoghurt. *Food Research International*, 164, 112375.
- Wang, X., Ye, A., Dave, A., Singh, H. (2022). Structural changes in oat milk and an oat milk–bovine skim milk blend during dynamic *in vitro* gastric digestion. *Food Hydrocolloids*, 124, 107311. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107311>
- Wang, X., Zhao, Z. (2022). A mini-review about direct steam heating and its application in dairy

- and plant protein processing. *Food Chemistry*, 135233.
- World Health Organization (WHO), United Nations Children's Fund (UNICEF), International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. (2021). Levels and trends in child malnutrition: key findings of the 2021 edition of the joint child malnutrition estimates. Geneva: World Health Organization. ISBN: 9789240025257, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240025257>.
- Xing, Y., Ma, J., Yao, Q., Chen, X., Zang, J., Zhao, G. (2022). The change in the structure and functionality of ferritin during the production of pea seed milk. *Foods*, 11(4), 557.
- Yada, S., Lapsley, K., Huang, G. (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4), 469-480. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.007>
- Yang, Q., Yang, H., Yuan, N., Zuo, S., Zhang, Y., Zhang, W. (2022a). Closed-tube saltatory rolling circle amplification with hydroxynaphthol blue for visual on-site detection of peanut as an allergenic food. *Food Chemistry*, 393, 133408. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133408>
- Yang, Y., Yuan, B., Yu, P., Jia, Y., Zhou, Q., Sun, J. (2022b). Flavor characteristics of peanut butter pretreated by radio frequency heating, explosion puffing, microwave, and oven heating. *Food Chemistry*, 394, 133487. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133487>
- Yano, H., Fu, W. (2023). Hemp: A sustainable plant with high industrial value in food processing. *Foods*, 12(3), 651.
- Yu, P., Zhao, Y., Jiang, Y., Yang, Y., Liu, X., Zhang, H., Zhao, J., Lee, Y., Zhang, H., Chen, W. (2021a). Capacity of soybean carbohydrate metabolism in *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis* and *Streptococcus thermophilus*. *Food Bioscience*, 44, 101381. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101381>
- Yu, X., Meenu, M., Xu, B., Yu, H. (2021b). Impact of processing technologies on isoflavones, phenolic acids, and antioxidant capacities of soymilk prepared from 15 soybean varieties. *Food Chemistry*, 345, 128612. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128612>
- Yu, X., Yuan, F., Fu, X., Zhu, D. (2016). Profiling and relationship of water-soluble sugar and protein compositions in soybean seeds. *Food Chemistry*, 196, 776-782. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.092>
- Zaaboul, F., Raza, H., Cao, C., Yuanfa, L. (2019). The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies. *Food Chemistry*, 280, 270-277. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.047>
- Zahrani, A. J. A., Shori, A. B. (2023). Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT- Food Science and Technology*, 114531.
- Zhang, C., Hua, Y., Li, X., Kong, X., Chen, Y. (2020). Key volatile off-flavor compounds in peas (*Pisum sativum* L.) and their relations with the endogenous precursors and enzymes using soybean (*Glycine max*) as a reference. *Food Chemistry*, 333, 127469.
- Zhou, H., Wu, Z., Chang, X., Tang, Y., Yuan, J., Li, X., Yang, A., Tong, P., Chen, H. (2021). The effect of roasting on peanut allergens' digestibility, allergenicity, and structure. *Food Bioscience*, 44, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101454>

## ARI EKMEĞİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

**Feyza Şimşek, Büşra Çetin, Ceren Mutlu\***

Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Geliş / Received: 23.03.2023; Kabul / Accepted: 16.07.2023; Online baskı / Published online: 05.08.2023

Şimşek, F., Çetin, B., Mutlu, C. (2023). Arı ekmeğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. GIDA (2023) 48 (4) 807-818 doi: 10.15237/gida.GD23038

Şimşek, F., Çetin, B., Mutlu, C. (2023). *Some physical and chemical properties of bee bread and its effects on health.* GIDA (2023) 48 (4) 807-818 doi: 10.15237/gida.GD23038

### ÖZ

Arılar tarafından farklı bitki kaynaklarından toplanan polenlerde meydana gelen laktik asit fermantasyonu sonucunda oluşturulan bir ürün olan arı ekmeği yapısında karbohidratlar, proteinler, aminoasitler, yağ asitleri, organik asitler, enzimler, vitaminler, fenolik bileşikler ve mineraller gibi birçok biyoaktif bileşen bulunmaktadır. Arı ekmeğinin bileşimi polen kaynağına ve üretildiği ortamdaki coğrafik ve iklimsel özelliklere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Arı ekmeği zengin kimyasal bileşimi sayesinde antimikrobiyal, antioksidan, antikanser ve probiyotik özellikler olmak üzere sağlık üzerine çeşitli olumlu etkilere sahiptir. Belirtilen etkilerine ilişkin ortaya konulan çalışmalar ile arı ekmeğinin bilinirliği ve arı ekmeğine karşı olan ilgi artmaktadır. Buradan hareketle bu derlemede arı ekmeğinin üretimi, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkileri ve bir gıda olarak kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Arı ekmeği, polen, fenolik, antimikrobiyal, antioksidan, probiyotik

## SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BEE BREAD AND ITS EFFECTS ON HEALTH

### ABSTRACT

Bee bread, a product produced by lactic acid fermentation in pollen collected by bees from different plant sources, contains many bioactive components such as carbohydrates, proteins, amino acids, fatty acids, organic acids, enzymes, vitamins, phenolics, and minerals. The composition of bee bread may vary depending on the pollen source and the geographical and climatic characteristics of the produced environment. Bee bread has various positive effects on health including antimicrobial, antioxidant, anticancer, and probiotic properties thanks to its rich chemical composition. There is increasing awareness and interest of bee bread with the reported studies on its stated effects. From this point of view, it is aimed to evaluate the production of bee bread, some physical and chemical properties, effects on health, and potential for use as a food in this review.

**Keywords:** Bee bread, pollen, phenolic, antimicrobial, antioxidant, probiotic

\*Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author

✉: ceren.mutlu@balikesir.edu.tr

☎: (+90) 266 612 6319

☎: (+90) 266 612 1257

Feyza Şimşek; ORCID no: 0009-0006-0227-1957

Büşra Çetin; ORCID no: 0009-0009-3902-2905

Ceren Mutlu; ORCID no: 0000-0003-4943-2798

## GİRİŞ

Arı poleninın laktik asit bakterileri ve mayalar tarafından fermente edilmesi ile elde edilen arıcılık ürünü arı ekmeği (perga) olarak adlandırılmakta olup (Detry vd., 2020), bu ürün polen, bal ve arıların tükürük bezleri salgılarını içermektedir (Ćiric vd., 2019). Arı ekmeği işçi arılar için üç günlük arı sütü ile beslenmenin ardından protein, lipid ve vitamin kaynağı olarak beslenme ve gelişimde önemli bir rol oynamaktadır (Mutlu vd., 2017; Silici, 2015). Arı ekmeğinin sahip olduğu besinsel ve tedavi edici özelliklerinin ortaya konulması ile birlikte son zamanlarda arı ekmeğine karşı giderek artan bir ilgi bulunmaktadır. Arı ekmeği, bileşimsel özellikleri açısından arı polenine benzemekle birlikte daha zengin içeriğe sahip olup, yapısında protein ve aminoasitler, karbohidratlar, lipitler, vitaminler, mineraller, fenolik asitler ve polifenoller içermektedir. Ayrıca polen tanesini çevreleyen çok katmanlı duvarın fermantasyonla ortadan kaldırılması sonucunda insanlar tarafından daha kolay sindirilebilmekte ve bu durum besinlerin absorpsiyonu açısından olumlu sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Aylanc vd., 2021a; Aylanc vd., 2023). Arı ekmeğinin yapısında bulundurduğu bileşenler sayesinde sağlık üzerine antioksidan, antiinflatuar, antimikrobiyal, antikanser ve immünolojik etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Suleiman vd., 2022). Literatür bilgilerinden hareketle bu çalışmada arı ekmeğinin üretimi, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkileri ve bir gıda olarak kullanım potansiyeline ait bilgiler derlenmiştir.

## ARI EKMEĞİ ÜRETİMİ

Arı ekmeğinin hammaddesi bitki polenidir ve arı ekmeği üretimi arıların bitki polenlerini toplaması ile başlamaktadır. Arılar nektar toplarken vücutları polen tozuyla kaplanmakta (Mohammad vd., 2021) ve bu polenler nektarla birlikte kovanlara taşınmaktadır. Kovandaki polenler hasat edilmediğinde işçi arılar tarafından petek gözlerinde saklanmakta ve saklama sırasında laktik asit fermantasyonu sonucunda da arı ekmeğine dönüştürülmektedir (Ivanišová vd., 2015; Mohammad vd., 2021). Arı poleninın arı ekmeğine dönüşüm mekanizması hala tam olarak açıklanamamış olmakla birlikte arıların

bezlerinden gelen amilaz enzimleri ile özellikle laktik asit bakterileri olmak üzere çeşitli bakteriler ve polen yüklerinin yüzeylerinden gelen bazı mayaların bu dönüşümde önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Pelka vd., 2021a). Bu dönüşümün yaklaşık bir hafta sürdüğü ve ilk yarım günde arı poleninde laktik asit bakterileri, *Escherichia*, bazı aerobik bakteriler ve mayaların geliştiği, *Streptococcus* mikroorganizmasının gelişiminin inhibisyonunun gerçekleşmesinden sonra *Lactobacillus* mikroorganizmasının gelişiminin olduğu ve son aşamada ise üretilen laktik asit nedeniyle laktik asit bakterilerinin ve mayaların inhibisyonunun meydana geldiği ve böylece arı ekmeği üretiminin tamamlandığı ifade edilmiştir (Aylanc vd., 2021a). Fermantasyon aşamasında arıların salgılarında doğal olarak bulunan laktik asit bakterileri, *Bifidobacterium* spp., *Saccharomyces* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Streptococcus* spp. mikroorganizmalarının rol oynadığı belirtilmiştir (Ozkok vd., 2022). Ayrıca yapılan çalışmalarda arı poleninın arı ekmeğine dönüşümünde bazı *Bacillus* spp. (*B. circulans*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. pumilus*), *Candida* spp. (*C. parapsilosis*, *C. reukaufii*, *C. tenuis*), *Lactobacillus* spp. (*L. fructosus*, *L. jensenii*, *L. kunkeii*, *L. lantarum*) ve *Torulopsis* spp. (*T. candida*, *T. etchellsii*, *T. famata*, *T. globosa*, *T. inconspicua*, *T. magnoliae*, *T. sake*, *T. stellata*) türlerine ait mikroorganizmalar tanımlanmıştır (Değirmenci ve Yıldız, 2021).

Arı ekmeği üretildikten sonra arılar tarafından sıkıştırılmakta ve bal peteğinin hücrelerine sıkıca gömülerek kuru ve sert kıvamda bir yapı haline getirilmektedir (Kieliszek vd., 2018). Peteklere depolanmış arı ekmeği; peteklerin kurutulması, dondurulması, parçalanması, bal mumu ve arı ekmeğinin ayrılması ve son olarak da ince safsızlıkların giderilmesi aşamaları ile elde edilmektedir (Semkiw ve Skubida, 2021). Endüstriyel olarak üretimin ilk aşamasında arı ekmeği içeren petekler 40°C sıcaklıkta 8-10 saat veya vakum altında 5-7 saat süresince tutularak nem içerikleri %14.00-15.00 olacak şekilde bir kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. İkinci aşamada arı ekmeğinin -1°C sıcaklığa soğutulmasıyla segmentasyon yapılmakta ve daha sonra arı ekmeği toz haline getirilmektedir. Toz haline getirilen arı ekmeği bir tohum temizleme

makinesi ile filtrelenerek mumsu yapılardan ayrılmaktadır. Son aşamada ise ürün gama ışınları, etilen oksit veya metilen gazı kullanılarak sterilize edilmekte ve tüm bu teknolojik işlemler sonucunda arı ekmeği ticari bir ürün haline getirilmektedir (Khalifa vd., 2020).

### ARI EKMEĞİNİN FİZİKSEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ

Arılar bitki kaynaklarından topladıkları polenleri sıkıştırarak granüller halinde katmanlara dönüştürdüklerinden polen kaynakları arı ekmeğinin rengi üzerinde etkili olmaktadır (Brovarskyi vd., 2013). Yapılan bir çalışmada Doğu Ukrayna'nın iki bölgesinden toplanan beş farklı multifloral arı ekmeği örneğinin renk özellikleri incelenerek örneklerin renklerinin bitki kökenine göre farklılık gösterdiği ve haşhaş, üçgül ve karabuğday bitkileri kaynaklı arı ekmeğinin koyu sarı ve ayçiçeği poleni içeren arı ekmeğinin ise altın sarısı renkte olduğu rapor edilmiştir (Bleha vd., 2019). Anadolu arı ekmeği örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise örneklerin Pfund skalasına göre renk değerlerinin 61.58-109.80 mm aralığında olduğu ve bu değerlerin amber ve açık amber renklere karşılık geldiği ifade edilmiştir (Kalaycıoğlu, 2022).

Arı ekmeği peletlerinin şekilsel özellikleri peteklerden ayrılması sırasında uygulanan teknolojiye bağlıdır (Brovarskyi vd., 2017; Bleha vd., 2019). Yapılan bir çalışma sonucunda arı ekmeğinin genişliklerinin 4.08-6.22 mm ve uzunluklarının ise 7.38-12.75 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Bleha vd., 2019).

Arı ekmeğinin buruk, ekşi, meyvemsi ve tatlı olarak karakterize edilen tadının flavonoidlerden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca arı ekmeğinin yapısında kokusunu ve tadını etkileyen 1-fenilpropan-2-ol (tatlı ve ananas aroması), hekzanoik asit (keskin, asidik, peynirimsi ve meyvemsi), 3,7-dimetil-1,5,7-oktatrien-3-ol (çiçeği, odunsu ve ferah) ve benzoik asit (hafif acı) gibi birçok aromatik uçucu bileşimin de olduğu tespit edilmiştir (Mārgāoan vd., 2020). Bu bileşiklerin yanı sıra arı ırklarının da arı ekmeğinin tadı üzerinde etkili olduğu ve *Tetragonula angustula*, *Ptilotrigona* ve *Frieseomelitta doederlini* ve *Frieseomelitta*

*varia* arılarının ürettiği arı ekmeğininin tatlı; *Melipona* ve *Scaptotrigona* arılarının ürettiği arı ekmeğininin ise acı tatda oldukları bildirilmiştir (de Oliveira Alves vd., 2018; Villegas-Plazas vd., 2018).

### ARI EKMEĞİNİN KİMYASAL KOMPOZİSYONU

#### Su içeriği

Arı ekmeği, yapısında bulunan polenin higroskopik özelliğinden dolayı yüksek su içeriğinde bir üründür. Arı ekmeği çevreden su absorplaması, arı salgısı ve bal içermesi sonucu yapışkan ve nemli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle arı ekmeğini daha uzun süre saklamak için kurutma ve dondurma gibi farklı yöntemler kullanılmakta olup, en iyi yöntemin su içeriği ve mikrobiyal yükte etkin bir azalma sağlamasından dolayı fırında kurutma olduğu bildirilmiştir (Mohammad vd., 2021).

Arı ekmeğinin su aktivitesinin 0.60-0.92 değerleri arasında değişim gösterdiği ve bu su aktivitesi değerlerinin birçok bakteri, küf ve mantarın gelişimini ve istenmeyen mikotoksin oluşumunu destekleyebileceği belirtilmiştir (Mohammad vd., 2021). Ülkemizde yapılan farklı çalışmalarda da arı ekmeği örneklerinin nem içeriklerinin 17.70-22.30 g/100 g (Mayda vd., 2020) ve 11.54-23.07 g/100 g (Kalaycıoğlu, 2022) aralıklarında olduğu tespit edilmiştir. Portekiz'de yapılan bir çalışmada arı ekmeği örneklerinin nem değerleri 7.40-7.70 g/100 g olarak bulunmuştur (Aylanc, 2019). Malezya'da yapılan bir çalışmada ise 5 farklı bölgeden alınan arı ekmeği örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 11.09-12.51 g/100 g ve 0.73-0.85 arasında değiştiği ifade edilmiştir (Mohammad vd., 2020a).

#### Karbohidrat içeriği

Arı ekmeğinin karbohidrat içeriğinin hasat zamanına, botanik kökenine ve üretildiği bölgeye göre farklılık gösterdiği (Mohammad vd., 2020a) ve ortalama karbohidrat içeriğinin 24.00-35.00 g/100 g arasında değiştiği bildirilmiştir (Bakour vd., 2019; Didaras vd., 2020). Yapılan bir çalışmada farklı coğrafi bölgelerde üretilen arı ekmeğininin toplam karbohidrat içeriklerinin

10.85-58.10 g/100 g arasında olduğu belirtilmiştir (Mohammad vd., 2021).

Arı ekmeğinin toplam taze ağırlığının %57.51 kadarını fruktoz, %42.59 kadarını glikoz ve %3.37 kadarını ise maltoz oluşturmaktadır (Urcan vd., 2017). Bazı arı ekmeği örneklerinde çok az miktarda izomaltoz, rafinoz, sellobiyoz ve sorbitol gibi diğer karbohidratlar da bulunabilmektedir (Belina-Aldemita vd., 2019). Malezya'da 5 farklı arı ekmeği örneğinin karbohidrat içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada örneklerin fruktoz miktarı 0.40-1.49 g/100 g, glikoz miktarı 10.27-12.40 g/100 g, sakkaroz miktarı 0.56-2.09 g/100 g ve maltoz miktarı ise 0.69-1.99 g/100 g olarak tespit edilmiştir (Mohammad vd., 2020a).

### Protein ve aminoasit içeriği

Arı gelişimi için bir protein kaynağı olan arı ekmeğinin protein içeriği açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Mohammad vd., 2021). Kolombiya'da yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin protein içeriğinin 19.10-27.30 g/100 g aralığında olduğu belirlenmiştir (Zuluaga vd., 2015). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise farklı botanik kökenli (pamuk, narenciye, kestane, ayçiçeği ve yonca) arı ekmeği örnekleri incelenmiş ve bu örneklerin protein içeriklerinin 14.82-24.26 g/100 g aralığında olduğu ve arı ekmeğinin protein içeriğinin botanik kökene göre değişebildiği rapor edilmiştir (Kaplan vd., 2016).

Arı ekmeğinin esansiyel olan tüm aminoasitleri içerdiği ve yapısında glutamik asit, aspartik asit, prolin (majör), arginin, valin, histidin, lösin, izolösin, lizin, metiyonin, triptofan, fenilalanin, treonin, sistein, tirozin, alanin, glisin ve serin aminoasitlerini bulundurduğu belirlenmiştir (Barene vd., 2015; Didaras vd., 2020). Ayrıca arı ekmeğinde yüksek miktarlarda bulunan prolin ve glutamik asidin varlığı arı poleni kalitesi ile ilişkilendirilmekte olup, düşük prolin içeriği düşük kalite ve teknolojik işleme sürecinin göstergesidir. Bunun yanı sıra 20 mg/g değerinden daha yüksek glutamik asit konsantrasyonu ise arı ekmeğinin tazeliği için önemli bir parametredir (Urcan vd., 2017). Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin prolin, lizin, lösin, fenilalanin, izolösin, treonin, valin, metiyonin ve triptofan içeriklerinin sırasıyla

793.73, 50.56, 70.19, 89.42, 52.08, 98.80, 159.97, 20.95 ve 9.56 mg/L olduğu bildirilmiştir (Kim vd., 2020).

### Lipit ve yağ asidi içeriği

Arı ekmeğinin lipit içeriğinin üretildiği polenin bitki kaynağına bağlı olarak büyük oranda değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Urcan vd., 2017; Kaplan vd., 2016). Yapılan bir çalışmada yonca, pamuk, kestane, narenciye ve ayçiçeği arı ekmeği örneklerinde lipit içeriğinin 5.93-11.55 g/100 g arasında değiştiği ve ayçiçeği ve pamuk botanik kökenli arı ekmeğinin lipit içeriklerinin diğer örnekler göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Kaplan vd., 2016). Başka bir çalışmada ise Kolombiya'da toplanan 15 farklı arı ekmeği örneğinin lipit içeriklerinin 1.65-5.50 g/100 g arasında olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda örnekler arasında lipit içeriği bakımından büyük değişkenlik gözlemlendiği ve bu değişkenliğin ise arı ekmeği içerisindeki polenin yağ asidi, karoten ve vitamin içerikleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Zuluaga vd., 2015).

Arı ekmeğinin yağ asidi kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada arı ekmeğinden ekstrakte edilen yağda 37 farklı yağ asidi tanımlanmış olup, bu yağ asitleri içerisinde (all-cis-9,12) (9Z,12Z)-oktadeka-9,12-dienoik asit (319.89 µg/g), heneikosanoik asit (369.04 µg/g), (9Z)-heksadeka-9-enoik asit (656.37 µg/g) ve (all-cis-9,12,15)-oktadeka-6,9,15-trienoik asidin (954.51 µg/g) diğer yağ asitlerine göre daha yüksek miktarlarda bulunduğu bildirilmiştir (Dranca vd., 2020). Arı ekmeğinin insan vücudu tarafından sentezlenemeyen ve besinlerden alınması gereken çoklu doymamış yağ asitleri için de iyi bir kaynak olduğu belirtilmiştir (Urcan vd., 2017). Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin yapısında 11 farklı çoklu doymamış yağ asidi tanımlanmış olup, arı ekmeğinde (9Z,12Z,15Z)-oktadeka-9,12,15-trienoik asidin ω-3 yağ asidi ailesinden ve (9Z,12Z)-oktadeka-9,12-dienoik asidin ise ω-6 yağ asidi ailesinden en çok bulunan yağ asitleri olduğu ortaya konulmuştur (Kaplan vd., 2016).

### Vitamin içeriği

Vitaminler büyüme, mineral metabolizmasının düzenlenmesi ve hücre farklılaşması gibi çeşitli

biyokimyasal rollere ve antioksidan aktiviteye sahip olan ve enzimler için koenzim görevi gösteren organik bileşiklerdir (Ares vd., 2018; Bakour vd., 2022). Arı ekmeğinin vitaminler açısından zengin olduğu (Aylanc vd., 2021b) ve vitamin içeriğinin bitkisel kaynak ile önemli oranda ilişkisinin bulunduğu ifade edilmiştir (Bakour vd., 2022).

Arı ekmeğinin yapısında tiamin, riboflavin, askorbik asit, tokoferol, biyotin, nikotinik asit, folik asit, pantotenik asit, niasin, inositol ve pridoksin vitaminlerinin olduğu tespit edilmiştir (Khalifa vd., 2020). Yapılan bir çalışmaya göre arı ekmeğinin  $\alpha$ -tokoferol ve  $\delta$ -tokoferol içerikleri sırasıyla 10.50 mg/100 g ve 0.40 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Bakour vd., 2019). Bir diğer çalışmada ise arı ekmeğinin askorbik asit içeriklerinin 10.51-11.42 mg/100 g aralığında olduğu rapor edilmiştir (Mohammad vd., 2020a).

### Enzim içeriği

Arı ekmeğinin yapısında amilaz, invertaz, asit fosfataz, lösin aminopeptidaz,  $\beta$ -glukosidaz ve glikoz oksidaz enzimlerinin olduğu belirlenmiştir (Didaras vd., 2020; Khalifa vd., 2020). Ayrıca yapılan bir çalışmada arı ekmeğinde bulunan küflerin de alkalik fosfataz, bütirat esteraz, kaprilat esteraz-lipaz, lösin aminopeptidaz, valin aminopeptidaz, asit fosfataz, fosfoamidaz,  $\alpha$ -galaktosidaz,  $\beta$ -galaktosidaz,  $\beta$ -glukosidaz ve N-asetil- $\beta$ -glukozaminidaz enzimlerini ürettiği tespit edilmiştir (Gilliam vd., 1989; Khalifa vd., 2020). Arı salgısı ve polen mikroflorası kaynaklı olan bu enzimlerin arı polenin arı ekmeğine dönüştürülmesinde rol aldıkları ve önemli oldukları ifade edilmiştir (Pelka vd., 2021a).

### Organik asit içeriği

Organik asitler, arı ürünlerinin mikrobiyal ve sindirim özelliklerinden sorumludur (Kalaycıoğlu vd., 2017) ve arı ekmeğindeki organik asit içeriği botanik kökene ve arı ırkına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Bakour vd., 2022). Ayrıca mikroorganizmaların faaliyeti sonucu gerçekleşen fermantasyon da arı ekmeğinin organik asit içeriğini etkilemekte ve arı ekmeğinin glukonik ve laktik asit içeriği laktik asit bakterilerinin

fermantasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Kalaycıoğlu vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinde glukonik asit, formik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit bulunduğu, ancak bu örneklerde süksinik asidin tespit edilemediği bildirilmiştir (Dranca vd., 2020). Fas arı ekmeğinde yapılan bir çalışmada ise yalnızca okzalik asidin tespit edildiği ve miktarının ise 3.83 g/kg olduğu bulunmuştur (Bakour vd., 2019). Ülkemizde gerçekleştirilen bir çalışmada ise arı ekmeği örneklerinin toplam organik asit içeriğinin 0.74-0.99 g/kg aralığında olduğu, bu örneklerde 34 farklı organik asit tanımlandığı ve arı ekmeğindeki temel organik asitlerin malik asit, 3-hidroksibütirik asit, malonik asit, 2-metilsitrat, 2-hidroksi-glutarik asit, pirüvik asit ve sitrik asit olduğu tespit edilmiştir (Çelik vd., 2022).

### Fenolik bileşik içeriği

Arı ekmeğinin fenolik bileşikleri ve özellikle de flavonoidleri yüksek miktarda içerdiği bildirilmiş olup, farklı arı ekmeği örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin polen kaynağı çeşitliliğine bağlı olarak sırasıyla 11.90-14.77 mg GAE/g ve 1.30-6.03 mg KE/g (kateşin eşdeğeri) aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Beykaya vd., 2021). Yapılan bir diğer çalışmada arı ekmeği örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinin 8.26-12.71 mg GAE/g aralığında olduğu ve fenolik bileşik içeriklerinin botanik ve coğrafik kökenlerinin yanı sıra ekstraksiyon metoduna da bağlı olarak farklılık gösterebileceği belirtilmiştir (Mayda vd., 2020). Malezya'da yapılan bir çalışmada ise farklı bölgelerden toplanan arı ekmeği örneklerinin etanolik ekstraktlarındaki toplam fenolik madde içerikleri 21.32-22.54 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir (Othman vd., 2019).

Arı ekmeğinin fenolik madde kompozisyonlarının belirlendiği bir çalışmada beş farklı lokasyondan toplanan arı ekmeği örneğinin bileşiminde 2,5-dihidroksibenzoik asit, kafeik asit, klorojenik asit, etil gallat, gallik asit, izoramnetin, kaempferol, luteolin, mirisetin, *p*-kumarik asit, protokatekuik asit, kuersetin, resveratrol, rutin, salisilik asit ve trans-ferulik asidin bulunduğu ve rutin miktarının (1225.54-

12631.49 µg/100 g) diğer fenolik bileşiklere göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Bayram vd., 2021). Bir diğer çalışmada ise arı ekmeği örneğinde gallik asit, kafeik asit, trans-ferulik asit, trans-3-hidroksisinnamik asit, 2-hidroksisinnamik asit, kuersetin, kaempferol, apigenin ve mangiferin fenolik bileşikleri tanımlanmıştır (Suleiman vd., 2021).

Fenolik bileşiklerin arı ekmeğinin antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, antidiyabetik aktiveleri ile enzim aktivasyonu, hormon regülasyonu ve gen ekspresyonu gibi faaliyetleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir. Arı ekmeğinde baskın olarak bulunan kuersetin, kaempferol ve izoramnetin flavonoidlerinin ve bunların glikozitlerinin sağlık üzerinde çeşitli olumlu etkileri yapılan farklı çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Kuersetin flavonoidinin indüklenabilir nitrik oksit sentezinde ve antiinflamatuvar aktivite ile ilişkilendirilen nükleer faktör kappa B aktivasyonunda etkili olduğu, kaempferolün anti-obezite ve antidiyabetik etkilerinin bulunduğu, izoramnetin flavonoidinin ise kanser hücrelerinin proliferasyonunu engellediği ve antiinflamatuvar aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Aylanc vd., 2021a).

### Mineral içeriği

Arı ekmeği, makro ve mikro mineralleri yapısında en fazla bulunduran arıcılık ürünlerinden biridir (Bakour vd., 2022). Arı ekmeğinin mineral içeriğinin kaynağını bitkilerden gelen polen, nektar ve salgılar oluşturmaktadır. Arı ekmeğinin mineral içeriği iklim koşullarına, nektar kaynaklarına, üretildiği bölgeye ve hasat mevsimine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca numune toplama ve saklama için kullanılan yöntemler ve koşullar da arı ekmeğinin mineral bileşimini etkileyebilmektedir (Bakour vd., 2022; Mohammad vd., 2020a).

Yapılan bir çalışmada farklı lokasyonlardan temin edilen arı ekmeği örneklerinin toplam mineral madde içeriklerinin 2.46-2.74 g/100 g aralığında değiştiği ve arı ekmeğinde miktarı en yüksek olan minerallerin potasyum (6524.90 mg/kg), fosfor (6402.30 mg/kg) ve magnezyum (1635.40

(mg/kg) olduğu rapor edilmiştir (Mohammad vd., 2020a). Bir diğer çalışmada arı ekmeği örneklerinde 35 farklı mineral madde tanımlanmış (lityum, berilyum, bor, sodyum, alüminyum, mangan, demir, selenyum, kalay gibi) ve bu mineral maddeler içerisinde ise potasyum (5429.27-8994.25 mg/kg), fosfor (4742.31-5948.96 mg/kg), magnezyum (688.82-1399.43 mg/kg), kalsiyum (189.69-447.13 mg/kg) ve silisyum (47.00-537.97 mg/kg) konsantrasyonları diğer mineral maddelere göre daha yüksek bulunmuştur (Mayda vd., 2020). Sırbistan'da gerçekleştirilen bir araştırmada ise lokal çevresel kirliliğe bağlı olarak arı ekmeğinde arsenik, kadmiyum ve kurşun gibi toksik elementlerin de bulunabildiği ancak örneklerde cıva tespit edilmediği rapor edilmiştir (Ciric vd., 2019).

### ARI EKMEĞİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

#### Antimikrobiyal etki

Arı ekmeğinin glukonik, asetik ve formik asit gibi organik asitleri yüksek konsantrasyonlarda içermesi nedeniyle potansiyel bir antibiyotik olarak kabul edilebileceği değerlendirilmiştir (Dranca vd., 2020). Arı ekmeğindeki glukonik asit; anaerobik (*Porphyromonas gingivalis*), Gram negatif (*Escherichia coli*) ve Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*) bakterilere karşı güçlü bir antibakteriyel aktivite göstermektedir. Ayrıca glukonik asit ile ilişkili olan polimiksin B bileşiğinin de Gram negatif bakterilerin dış zarına bağlanarak zardaki stabilizasyonu bozduğu ve böylece yüksek antibakteriyel etki sağladığı belirlenmiştir (Wu vd., 2021).

Arı ekmeğinin antimikrobiyal aktivitesi botanik kaynağa, ekstraksiyon yöntemine ve test edilen mikroorganizmaya bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte arı ekmeğinin antimikrobiyal aktivitesine Gram pozitif bakterilerin, Gram negatif bakterilerden daha duyarlı olduğu belirtilmiştir (Didaras vd., 2020). Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin patojen bakteriler olan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas aeruginosa* mikroorganizmalarına karşı belirgin bir antimikrobiyal etki gösterdiği, ancak bu etkinin Gram pozitif bakterilerde daha yüksek olduğu vurgulanmıştır (Abouda vd., 2011). Bir



diğer çalışmada ise arı ekmeğinin *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 29213, *S. epidermidis* ATCC 12228, *P. aeruginosa* ATCC 27853 ve *E. coli* ATCC 25922 suşları üzerinde farklı düzeylerde antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ancak *Staphylococcus* türlerinin gelişimi üzerinde daha yüksek inhibe edici etkisinin bulunduğu ortaya konulmuştur (Pelka vd., 2021b). Anadolu arı ekmeği örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise metanol ile ekstrakte edilmiş arı ekmeği örneklerinin *Mycobacterium smegmatis*, *Vibrio* spp. ve *Streptococcus pyogenes* üzerinde inhibe edici etki gösterdiği değerlendirilmiştir (Sonmez vd., 2023).

### Antioksidan etki

Biyoaktif bileşiklerin biyolojik etkilerinin birçoğu yüksek antioksidan potansiyellerine atfedilmekte olup, antioksidan bileşiklerin uzun vadeli ve ölçülü alımlarının hücreleri oksidatif hasardan koruyarak dejeneratif hastalık riskini sınırlama potansiyeli olduğuna dair bulgular rapor edilmektedir (Aylanc vd., 2021b). Arı ekmeğinin sahip olduğu yüksek antioksidan aktivite yapısında bulunan zengin fenolik bileşen içeriğiyle ilişkilendirilmiştir (Khalifa vd., 2020). Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitelerinin, serbest radikalleri ve oksijen türlerini temizlemede veya peroksitleri ayrıştırmada önemli bir rol oynayan redoks özelliklerinden kaynaklandığı ve bu özelliklerinin yapılarındaki aromatik halka üzerindeki hidroksil gruplarının sayısı ve konjuge çift bağlar ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Zuluaga vd., 2015). Türkiye’de toplanan arı ekmeği örnekleri ile gerçekleştirilen bir çalışmada örneklerin ABTS ve DPPH antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 0.37-1.55 ve 1.29-3.82 mg TE/g aralıklarında olduğu belirlenmiştir (Mayda vd., 2020). Türkiye’nin farklı alanlarından toplanan arı ekmeği ile yapılan bir diğer çalışmada da örneklerin antioksidan aktivitelerinin 20.03-35.43 mg TEAC/g olduğu belirlenmiş ve bitki çeşitliliğindeki artışın antioksidan aktivitede de artış sağladığı değerlendirilmiştir (Beykaya vd., 2021). Zuluaga vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise 15 farklı arı ekmeği örneğinin FRAP ve TEAC antioksidan aktivitelerinin sırasıyla 35.00-70.10 ve 46.10-76.30  $\mu\text{mol TE/g}$  olduğu rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise *Apis mellifera*, *Apis cerana* ve *Trigona* spp. türü

arıların aynı poleni kullanarak ürettiği arı ekmeğinin DPPH antioksidan aktiviteleri karşılaştırılmış ve çalışma sonucunda  $\text{IC}_{50}$  değerlerinin sırasıyla 15.84, 5.07 ve 14.44 mg/mL olduğu ve aynı polenle beslenmiş olsalar bile farklı türlere sahip arıların ürettiği arı ekmeği örneklerinin antioksidan aktivitelerinin de farklılık gösterebildiği ifade edilmiştir (Jaya vd., 2020).

### Antikanser etki

Arı ekmeğinin kanser hücreleri üzerine sitotoksik etkisinin yapısında bulunan flavonoidlerden kaynaklandığı ve bu bileşiklerin apoptozu ve hücre proliferasyonunu baskılaması gibi mekanizmalar ile antikanser aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Elsayed vd., 2021). Portekiz’den toplanan beş farklı arı ekmeğinin kullanıldığı bir çalışmada arı ekmeği örneklerinin MCF-7 (meme adenokarsinomu), NCI-H460 (akciğer karsinomu), HeLa (rahim ağzı karsinomu) ve Hep-G2 (hepatoselüler karsinom) kanser hücrelerine karşı sitotoksik etki gösterdiği belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerin antikanser özelliklerine ilişkin bildirilen çalışmalara rağmen bu çalışmada örneklerin flavonoid içeriği ile sitotoksikite arasında pozitif bir korelasyon olmadığı ve görülen sitotoksik etkinin flavonoidlerin spesifik etkileri, numunelerdeki sinerjizm/antagonizm dinamikleri ve ayrıca diğer bileşiklerin varlığı ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (Sobral vd., 2017). Bir diğer çalışmada ise Mısır’da toplanan arı ekmeği örneklerinin Caco-2 (kolorektal adenokarsinom), PC3 (prostat adenokarsinomu) ve Hep-G2 (hepatoselüler karsinom) hücreleri üzerindeki sitotoksik aktiviteleri incelenmiş, arı ekmeği örneklerinin  $\text{IC}_{50}$  değerleri sırasıyla 262.00, 314.00 ve 386.00  $\mu\text{g/mL}$  olarak tespit edilmiş ve en yüksek inhibitör etki Caco-2 hücrelerinde gözlenmiştir (Elsayed vd., 2021).

### Probiyotik etki

Probiyotikler, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından “yeterli miktarlarda uygulandığında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır. Mikroorganizmalar sahip oldukları asit, safra ve sindirim enzimleri toleransı, hücre yüzeyi hidrofobikliği, gıda kaynaklı patojenlere karşı antibakteriyel aktivite, kan

hemolitik aktivitesi ve antibiyotik duyarlılığı gibi etkiler sayesinde probiyotik özellikler göstermektedirler (Mohammad vd., 2020b). İnsan probiyotik suşları çoğunlukla *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* ve *Saccharomyces* türlerinin üyelerinden oluşmaktadır (Isolauri vd., 2004; Bakour vd., 2022). Arı polenin laktik asit fermantasyonu yoluyla arı ekmeğine dönüşüm sürecinde farklı birçok bakteri ve mantar türleri rol oynadığından arı ekmeğinin probiyotik özellikler açısından zengin doğal bir ürün olduğu ve yapısında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşlarını bulundurduğu rapor edilmiştir (Mārgāoan vd., 2020). Ayrıca yapılan bir çalışmada arı ekmeğinden üç *Bacillus subtilis* ve bir *Bacillus licheniformis* suşu izole edilmiş ve bu suşların bakteriyel patojenlere karşı inhibe edici etkiler ile gastrointestinal koşullarda hayatta kalma gibi önemli probiyotik özellikler gösterdikleri belirlenmiştir (Touiaee vd., 2022). Bir diğer çalışmada ise *Heterotrigoana itama* arı ekmeği örneklerinden izole edilen *Lactobacillus musae* SGMT17 ve *Lactobacillus crustorum* SGMT20 mikroorganizmalarının probiyotik özelliklere sahip olduğu ifade edilmiştir (Mohammad vd., 2020b).

#### Anti-obezite etkisi

Obezite, alınan enerji miktarı harcanan enerji miktarını aştığında ortaya çıkan kronik bir metabolik hastalık olarak belirtilmekte (Eleazu vd., 2022) ve obeziteyle mücadele etmede arı ekmeği de dahil birçok doğal ürünün etkili olduğu bildirilmektedir (Mohammad vd., 2021). Yapılan bir çalışmada günde 0.5 g/kg arı ekmeği tüketiminin yüksek yağlı diyet ile indüklenen obez farelerde Lee obezite indeksi, aterojenik indeks, toplam kolesterol, yağ asidi sentaz aktivitesi, düşük yoğunluklu lipoprotein, oksitlenmiş düşük yoğunluklu protein ve malondialdehit seviyelerini düşürdüğü ve aortik antioksidan enzim aktivitelerini (süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz) ise önemli ölçüde artırdığı değerlendirilmiştir (Othman vd., 2020). Yapılan başka bir çalışmada ise arı ekmeğinin obezite kaynaklı böbrek patolojisi üzerindeki etkileri incelenmiş ve çalışma sonucunda 0.5 g/kg arı ekmeğinin yüksek yağlı diyet ile indüklenen obez

farelerin böbreklerindeki oksidatif stresi ve inflamatuvar etkileri azaltarak obezitenin neden olduğu böbrek patolojisini zayıflattığı ortaya konulmuştur. Buradan hareketle obezite ve buna bağlı olarak ortaya çıkan böbrek komplikasyonunun önlenmesi veya tedavisi için arı ekmeğinin umut verici bir gıda olabileceği belirtilmiştir (Eleazu vd., 2022).

#### ARI EKMEĞİNİN GIDA OLARAK KULLANIM İMKANLARI

Arı ekmeği gıda takviyesi olarak satılan doğal bir arıcılık ürünüdür. Genellikle ham halde pazarlanan arı ekmeğinin sahip olduğu doğal biyoaktif bileşikleri nedeniyle fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanım potansiyeli bulunmaktadır (Aylanc vd., 2021b). Arı ekmeğinin kullanımı ve tüketiminden kaynaklanan ciddi sağlık sorunları veya ölümlere ilişkin herhangi bir durum rapor edilmediğinden ve düşük pH ve yüksek laktik asit içeriğine sahip olmasının sağladığı mikrobiyal kontaminasyonlara karşı yüksek direnç nedenleriyle gıda takviyesi olarak kullanımı ile ilgili olumsuz bir değerlendirme bulunmamaktadır (Aylanc vd., 2021b; Khalifa vd., 2020). Ayrıca arı ekmeğinin sahip olduğu antibakteriyel ve antifungal özellikleri nedeniyle de doğal bir gıda koruyucusu olarak kullanımının tercih edilebileceği belirtilmiştir (Khalifa vd., 2020).

#### SONUÇ

Doğal ve fonksiyonel gıdalara giderek artan tüketici ilgisinin bir sonucu olarak bu özellikleri taşıyan arıcılık ürünlerine olan talep de artmaktadır. Arı ekmeğinin kimyasal içeriği ve sağlık etkileri göz önünde bulundurulduğunda gıda endüstrisinde üretimi ve kullanımı açısından önemli bir potansiyelinin bulunduğu ve diğer arıcılık ürünlerinin yanı sıra arı ekmeğinin de bilimsel anlamda geniş bir çalışma ve araştırma alanı sunduğu değerlendirilmiştir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların araştırma ile ilgili olarak bir çıkar çatışması yoktur.

**YAZAR KATKILARI**

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde ve makalenin yazılmasında yazarlar eşit olarak katkı sağlamıştır.

**KAYNAKLAR**

Abouda, Z., Zerdani, I., Kalalou, I., Faïd, M., Ahami, M.T. (2011). The antibacterial activity of Moroccan bee bread and bee-pollen (fresh and dried) against pathogenic bacteria. *Research Journal of Microbiology*, 6, 376-384.

Ares, A.M., Valverde, S., Bernal, J.L., Nozal, M.J., Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 110-124.

Aylanc, V. (2019). Comparing the bioavailability properties of bee pollen and bee bread using an in vitro digestive system. Master thesis, Instituto Politecnico de Braganca, Portugal, 98 pp.

Aylanc, V., Falcão, S.I., Ertosun, S., Vilas-Boas, M. (2021a). From the hive to the table: Nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 464-481.

Aylanc, V., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Falcão, S.I., Vilas-Boas, M. (2021b). Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: Bioaccessibility and antioxidant activity. *Antioxidants*, 10(5), 651.

Aylanc, V., Falcão, S.I., Vilas-Boas, M. (2023). Bee pollen and bee bread nutritional potential: Chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system. *Food Chemistry*, 413, 135597.

Bakour, M., Fernandes, Â., Barros, L., Sokovic, M., Ferreira, I.C. (2019). Bee bread as a functional product: Chemical composition and bioactive properties. *LWT*, 109, 276-282.

Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., El Ghouzi, A., Es-Safi, I., Mechchate, H., Lyoussi, B. (2022). Bee bread as a promising source of bioactive molecules and functional properties: an up-to-date review. *Antibiotics*, 11(2), 203.

Barene, I., Daberte, I., Siksna, S. (2015). Investigation of bee bread and development of its dosage forms. *Medicinos Teorija ir Praktika*, 21, 16-22.

Bayram, N.E., Gerçek, Y.C., Çelik, S., Mayda, N., Kostić, A.Ž., Dramićanin, A.M., Özkök, A. (2021). Phenolic and free amino acid profiles of bee bread and bee pollen with the same botanical origin-similarities and differences. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(3), 103004.

Belina-Aldemita, M.D., Opper, C., Schreiner, M., D'Amico, S. (2019). Nutritional composition of pot pollen produced by stingless bees (*Tetragonula biroi* Friese) from the Philippines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103215.

Beykaya, M., Samancı, A.E.T., Samancı, T., Önder, E.Y., Uzun, E.M., Tosun, F. (2021). Investigation of nutritional and antioxidant properties of Anatolian bee bread. *Journal of Apicultural Science*, 65(2), 255-263.

Bleha, R., Shevtsova, T.S., Kružík, V., Škorpilová, T., Saloň, I., Erban, V., Brindza, J., Brovarskyi, V., Sinica, A. (2019). Bee breads from two regions of Eastern Ukraine: composition, physical properties and biological activities. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(1), 9-20.

Brovarskyi, V.D., Velichko, S.M., Kolesnik, A.Y. (2013). Morphological signs of bee bread. *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 638, 178.

Brovarskyi, V., Velychko, S., Brindza, J., Adamchuk, L. (2017). Development and testing of the technology of production of the beebread with the use of artificial combs. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2017, 31-42.

Ciric, J., Spiric, D., Baltic, T., Janjic, J., Petronijevic, R., Simunovic, S., Djordjevic, V. (2019). Element concentration and fatty acid composition of Serbian bee bread. *The 60th International Meat Industry Conference*, 333, 012050.

Çelik, S., Gerçek, Y.C., Özkök, A., Ecem Bayram, N. (2022). Organic acids and their derivatives: minor components of bee pollen, bee bread, royal

- jelly and bee venom. *European Food Research and Technology*, 248(12), 3037-3057.
- Değirmenci, O., Yıldız, O. (2021). Polenin Arı Ekmeğine Dönüşüm Süreci: Arı Ekmeği Mikrobiyolojisi. *Türkiye Klinikleri Yayınevi*, 86-89.
- de Oliveira Alves, R M., Carvalho, C.A.L. (2018). Pot-pollen ‘Samburá’ marketing in Brazil and suggested legislation. *Pot-pollen in Stingless Bee Melittology*, 435-443.
- Detry, R., Simon-Delso, N., Bruneau, E., Daniel, H.M. (2020). Specialisation of yeast genera in different phases of bee bread maturation. *Microorganisms*, 8(11), 1789.
- Didaras, N.A., Karatasou, K., Dimitriou, T.G., Amoutzias, G.D., Mossialos, D. (2020). Antimicrobial activity of bee-collected pollen and beebread: State of the art and future perspectives. *Antibiotics*, 9(11), 811.
- Dranca, F., Ursachi, F., Oroian, M. (2020). Bee bread: Physicochemical characterization and phenolic content extraction optimization. *Foods*, 9(10), 1358.
- Eleazu, C., Suleiman, J.B., Othman, Z.A., Zakaria, Z., Nna, V.U., Hussain, N.H.N., Mohamed, M. (2022). Bee bread attenuates high fat diet induced renal pathology in obese rats via modulation of oxidative stress, downregulation of NF-kB mediated inflammation and Bax signalling. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 128(4), 1088-1104.
- Elsayed, N., El-Din, H.S., Altemimi, A.B., Ahmed, H.Y., Pratap-Singh, A., Abdelmaksoud, T. G. (2021). In vitro antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of Egyptian citrus beebread. *Molecules*, 26(9), 2433.
- Gilliam, M., Prest, D.B., Lorenz, B.J. (1989). Microbiology of pollen and bee bread: Taxonomy and enzymology of molds. *Apidologie*, 20, 53-68.
- Isolauri, E., Salminen, S., Ouwehand, A.C. (2004). Probiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18(2), 299-313.
- Ivanišová, E., Kačániová, M., Frančáková, H., Petrová, J., Hutková, J., Brovarskyi, V., Velychko, S., Adamchuk, L., Schubertová, Z., Musilová, J. (2015). Bee bread-perspective source of bioactive compounds for future. *Potravinarstvo*, 9, 592-598.
- Jaya, F., Rosyidi, D., Radiati, L.E., Minarti, S., Susilo, A., Muslimah, R.H., Husolli, M. (2020). Antioxidant activity and microbiological quality of bee bread collected from three different species honey bee. *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy*, 475, 012033.
- Kalaycıoğlu, Z. (2022). Characterization of Anatolian bee breads by principal component analysis based on their physicochemical and chemical characteristics. *Journal of Apitherapy and Nature*, 5(1), 14-26.
- Kalaycıoğlu, Z., Kanbur, E. D., Kolaylı, S., Erim, F. B. (2023). Antioxidant activities, aliphatic organic acid and sugar contents of Anatolian bee bread: characterization by principal component analysis. *European Food Research and Technology*, 249(5), 1351-1361.
- Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Döker, S., Kolaylı, S., Erim, F.B. (2017). Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities. *LWT*, 84, 402-408.
- Kaplan, M., Karaoglu, Ö., Eroglu, N., Silici, S. (2016). Fatty acid and proximate composition of bee bread. *Food Technology and Biotechnology*, 54(4), 497-504.
- Khalifa, S.A., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, N.E., Farag, M.A., Saeed, A., Xiao, J., Zou, X., Khatib, A., Göransson, U., El-Seedi, H.R. (2020). Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 300-316.
- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A.M., Błażej, S., Chlebowska-Śmigiel, A., Wolska, I. (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170-180.
- Kim, H., Lee, M.L., Mustafa, B., Han, G., Lee, S., Kwon, H.W. (2020). Chemical compositional characterization on five samples for development of artificial bee feed. *Journal of Apiculture*, 35(4), 219-224.

- Mărgăoan, R., Cornea-Cipcigan, M., Topal, E., Kösoğlu, M. (2020). Impact of fermentation processes on the bioactive profile and health-promoting properties of bee bread, mead and honey vinegar. *Processes*, 8(9), 1081.
- Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y.C., Sorkun, K. (2020). Bee bread and bee pollen of different plant sources: Determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1795-1809.
- Mohammad, S.M., Mahmud-Ab-Rashid, N.K., Zawawi, N. (2020a). Botanical origin and nutritional values of bee bread of stingless bee (*Heterotrigona itama*) from Malaysia. *Journal of Food Quality*, 2020, 2845757.
- Mohammad, S.M., Mahmud-Ab-Rashid, N.K., Zawawi, N. (2020b). Probiotic properties of bacteria isolated from bee bread of stingless bee *Heterotrigona itama*. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 172-187.
- Mohammad, S.M., Mahmud-Ab-Rashid, N.K., Zawawi, N. (2021). Stingless bee-collected pollen (bee bread): Chemical and microbiology properties and health benefits. *Molecules*, 26(4), 957.
- Mutlu, C., Erbaş, M., Tontul, S.A. (2017). Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(1), 75-83.
- Othman, Z.A., Noordin, L., Ghazali, W.S.W., Omar, N., Mohamed, M. (2019). Nutritional, phytochemical and antioxidant analysis of bee bread from different regions of Malaysia. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(5), 955-960.
- Othman, Z.A., Wan Ghazali, W.S., Noordin, L., Mohd. Yusof, N.A., Mohamed, M. (2020). Phenolic compounds and the anti-atherogenic effect of bee bread in high-fat diet-induced obese rats. *Antioxidants*, 9(1), 33.
- Ozkok, A., Bakhshpour, M., Mayda, N., Denizli, A., Sorkun, K. (2022). Microscopic examination and comparison of exine layer of bee pollen and bee bread (Perga). *Istanbul Journal of Pharmacy*, 52(2), 187-191.
- Pelka, K., Worobo, R.W., Walkusz, J., Szweda, P. (2021a). Bee pollen and bee bread as a source of bacteria producing antimicrobials. *Antibiotics*, 10(6), 713.
- Pelka, K., Otlowska, O., Worobo, R.W., Szweda, P. (2021b). Bee bread exhibits higher antimicrobial potential compared to bee pollen. *Antibiotics*, 10(2), 125.
- Semkiw, P., Skubida, P. (2021). Bee bread production-a new source of income for beekeeping farms?. *Agriculture*, 11, 468.
- Silici, S. (2015). Arı poleni ve arı ekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(2), 99-105.
- Sobral, F., Calhelha, R.C., Barros, L., Dueñas, M., Tomás, A., Santos-Buelga, C., Vilas-Boas, M., Ferreira, I.C. (2017). Flavonoid composition and antitumor activity of bee bread collected in northeast Portugal. *Molecules*, 22(2), 248.
- Sonmez, E., Kekecoglu, M., Sahin, H., Bozdeveci, A., Karaoglu, S. A. (2023). Comparing the biological properties and chemical profiling of chestnut bee pollen and bee bread collected from Anatolia. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1-11.
- Suleiman, J.B., Mohamed, M., Abu Bakar, A.B., Zakaria, Z., Othman, Z.A., Nna, V.U. (2022). Therapeutic effects of bee bread on obesity-induced testicular-derived oxidative stress, inflammation, and apoptosis in high-fat diet obese rat model. *Antioxidants*, 11(2), 255.
- Suleiman, J.B., Mohamed, M., Abu Bakar, A.B., Nna, V.U., Zakaria, Z., Othman, Z.A., Aroyehun, A.B. (2021). Chemical profile, antioxidant properties and antimicrobial activities of Malaysian *Heterotrigona itama* bee bread. *Molecules*, 26(16), 4943.
- Toutiaee, S., Mojgani, N., Harzandi, N., Moharrami, M., Mokhberosafa, L. (2022). In vitro probiotic and safety attributes of *Bacillus* spp. isolated from beebread, honey samples and digestive tract of honeybees *Apis mellifera*. *Letters in Applied Microbiology*, 74(5), 656-665.
- Urcan, A., Mărghitaş, L.A., Dezmirean, D.S., Bobiş, O., Bonta, V., Mureşan, C.I., Mărgăoan, R. (2017). Chemical composition and biological activities of beebread-review. *Bulletin of the*

*University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies*, 74(1), 1-6.

Villegas-Plazas, M., Figueroa-Ramírez, J., Portillo, C., Monserrate, P., Tibatá, V., Sánchez, O. A., Junca, H. (2018). Yeast and bacterial composition in pot-pollen recovered from Meliponini in Colombia: prospects for a promising biological resource. *Pot-pollen in Stingless Bee Melittology*, 263-279 p.

Wu, S., Xu, C., Zhu, Y., Zheng, L., Zhang, L., Hu, Y., Yu, B., Wang, Y., Xu, F.J. (2021). Biofilm-sensitive photodynamic nanoparticles for enhanced penetration and antibacterial efficiency. *Advanced Functional Materials*, 31(33), 2103591.

Zuluaga, C.M., Serratob, J.C., Quicazana, M.C. (2015). Chemical, nutritional and bioactive characterization of Colombian bee-bread. *Chemical Engineering Transactions*, 43, 175-180.



## THE EFFECT OF POMEGRANATE AND GRAPE SEED EXTRACTS ON THE SHELF LIFE OF GOOSE MEAT DURING REFRIGERATED STORAGE

Fadimana Arı<sup>1</sup>, Cemalettin Sarıçoban<sup>1\*</sup>, Hülya Şen Arslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Agriculture Faculty, Selçuk University, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Food Engineering, Engineering Faculty, Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Türkiye

Received /Geliş: 27.04.2023; Accepted / Kabul: 24.07.2023; Published online / Online baskı: 05.08.2023

Arı F., Sarıçoban, C., Şen Arslan, H. (2023). The effect of pomegranate and grape seed extracts on the shelf life of goose meat during refrigerated storage. *GIDA* (2023) 48 (4) 819-830 doi: 10.15237/ gida.GD23055

Arı F., Sarıçoban, C., Şen Arslan, H. (2023). Nar ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının soğuk depolama sürecinde kaz etinin raf ömrüne etkisi. *GIDA* (2023) 48 (4) 819-830 doi: 10.15237/ gida.GD23055

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the effects of pomegranate and grape seed extracts on the shelf life of goose meat samples stored in refrigerator conditions. Seven different sample groups were created including control (C), pomegranate seed extracts (PSE1, PSE2), grape seed extracts (GSE1, GSE2), and antioxidants (BHA, BHT). Prepared goose meat sample groups were stored under refrigerator conditions for 10 days and lipid oxidation, moisture, pH and color properties were analyzed during this period. The extracts decreased the TBA values of the samples compared to the control group ( $P<0.05$ ). Antioxidative effects of synthetic antioxidants and extracts added to goose meat samples were determined as  $BHA > GSE2 = GSE1 = PSE2 = BHT > PSE1$ , respectively. Grape and pomegranate seed extracts have strong antioxidant activity, and it can be recommended that these extracts can be used as natural antioxidants in the preservation of goose meat.

**Keywords:** Grape seed, shelf life, pomegranate seed, storage stability

## NAR VE ÜZÜM ÇEKİRDEĞİ EKSTRAKTLARININ SOĞUK DEPOLAMA SÜRECİNDE KAZ ETİNİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİ

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, buzdolabı koşullarında saklanan kaz eti örneklerinin raf ömrü üzerine nar ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının etkilerinin araştırılmasıdır. Kontrol (C), nar çekirdeği ekstraktları (PSE1, PSE2), üzüm çekirdeği ekstraktları (GSE1, GSE2) ve antioksidanlar (BHA, BHT) içeren yedi farklı örnek grubu oluşturuldu. Hazırlanan kaz eti örnek grupları 10 gün süreyle buzdolabı koşullarında saklandı ve bu sürede lipid oksidasyonu, nem, pH ve renk özellikleri analiz edildi. Ekstraktlar, kontrol grubuna kıyasla örneklerin TBA değerlerini düşürmüştür ( $P<0.05$ ). Kaz eti örneklerine ilave edilen sentetik antioksidan ve ekstraktların antioksidatif etkileri sırasıyla  $BHA > GSE2 = GSE1 = PSE2 = BHT > PSE1$  olarak belirlenmiştir. Üzüm ve nar çekirdeği ekstraktlarının güçlü birer antioksidan aktivite göstermekte olup, kaz etinin muhafazasında doğal antioksidanlar olarak üzüm ve nar çekirdeği ekstraktlarının kullanılması önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Üzüm çekirdeği, raf ömrü, nar çekirdeği, depolama stabilitesi

\* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: cscoban@selcuk.edu.tr

☎: (+90) 332 223 2927

Fadimana Arı; ORCID no: 0009-0007-0769-7532

Cemalettin Sarıçoban; ORCID no: 0000-0001-9898-0884

Hülya Şen Arslan; ORCID no: 0000-0003-0116-9062

## INTRODUCTION

Goose meat is very appropriate as a nutritional item of sight. It contains all the essential amino acids and a high amount of unsaturated fatty acids (Boz et al., 2019; Guo et al., 2020; Werenska et al., 2021). Goose fat is one of the fittest animal fats, and it is imagined credible for users because of its comparatively low degree of saturated fatty acids (Woloszyn et al., 2020). Goose meat has a higher content of valuable polyunsaturated fatty acids (PUFAs) (Uhlíová et al., 2018; Biesek et al., 2020). As with other types of meat, some negative situations occur during the storage process of goose meat. These include oxidation, color changes, lipolysis, and lipid oxidation. (Li et al., 2022). Lipid oxidations are one of the most significant agents limiting the shelf life of meat (Falowo et al., 2017; Domínguez et al., 2019). Oxidation in meats is affected by the PUFAs present in the phospholipids of the cell membranes of the meats, and they are the basic targets of oxidative rancidity (Ribeiro et al., 2019). Waterfowl meat contains a high rate of UFAs (65–75%). Thus, this meat is more vulnerable to oxidation than the meat of different poultry species (Banaszak et al., 2020; Werenska et al., 2021).

Antioxidants play an effective role in preventing the formation of rancid taste and odor resulting from oxidation. In industrial processes, synthetic antioxidants are generally used to increase the storage time of foods. However, it has been stated by many researchers that some synthetic antioxidants such as BHT, BHA, TBHQ, and PG used in food processing have carcinogenic and teratogenic effects on living organisms (Kaur et al., 2021; Das et al., 2020; Sen and Mandal 2017). For this reason, users mostly prefer natural antioxidants to synthetic antioxidants (Fernandes et al., 2017; Poojary et al., 2017; Putnik et al., 2016).

Pomegranate (*Punica granatum*) is a perennial herb from the Punicaceae family and is generally grown in tropical and subtropical regions (Rahman and Upadhyaya, 2023). In addition to consuming pomegranate fresh, many products such as juice, sour, and wine are produced from pomegranate

fruit (Rastogi and Chaturvedi, 2023). Pomegranate seeds constitute a large part of the pulp remaining after the production of these products. The pomegranate is composed of 48% peel and 52% fruit (Akbari et al., 2023) and the fruit of pomegranate is composed of 78% juice and 22% seeds (Nazoori et al., 2023). Pomegranate peel and seed contain punicalagin and its isomers, ellagic tannins, small amounts of punicalin, gallic acid, ellagic acid and ellagic acid glycosides (Dereli et al., 2023). Pomegranate seeds contain a significant amount of bioactive components such as polyphenols and studies have shown that these polyphenols have antioxidant activity (Okumuş et al., 2015; Jing et al., 2012).

Grapes and grape by-products contain many phenolic compounds with antioxidant activity, mostly flavonoids. As a result of the processing of grapes to produce wine and/or grape juice, 25% of the pulp is the stem, 22.5% is the seed and 42.5% is the skin (Kuzminova et al., 2018). Phenolic compounds in the structure of grape seed and/or pulp; monomeric phenols such as catechin, epicatechin, and epicatechin-gallate, and dimeric, trimeric, and polymeric condensed tannins (proanthocyanidin) (Rajeshwaran et al., 2020). Compared to grape skin in terms of flavanols, the grape seed contains much more monomeric, oligomeric, and polymeric flavanols (Dewi et al., 2021).

Studies on various fruit and plant sources with natural antioxidant properties such as grape and pomegranate peel etc. in meat products are available in the literature (Awad et al., 2022; Carpes et al., 2020; Polat Yemis et al., 2019; Aykurt Oğuz et al., 2019). Although there are studies of grape and pomegranate use in meat products, the effects of pomegranate seed and grape seed extracts on goose meat on lipid oxidation have not been studied before. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of grape seed extracts from wine, vinegar, and molasses industry wastes and pomegranate seed extracts from pomegranate juice/pomegranate syrup industry wastes on antioxidant and chemical



effects of goose meat during refrigerated storage for 10 days.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Goose meat was purchased from a local butcher in Konya, Türkiye. The pomegranate seed (*Punica granatum L.*) and grape seed (*Vitis vinifera L.*) used for the preparation of extracts were purchased from a local market in Konya, Türkiye. BHA (Butylated hydroxyanisole B1253) and BHT (Butylated hydroxytoluene B1215000) were purchased from Sigma Aldrich Chemical Co. St. Louis, (USA).

### Methods

#### Preparation of extracts

The extracts were prepared by methanol–water extraction following the method of Rodríguez-Carpena et al. (2012) with a slight modification. 1500 ml of methanol-water (80:20 v/v) was added to 100 g seeds ground into a powder with the help of a grinder. The mixture was kept at room temperature in a shaking water bath at 150 rpm for 48 hr. It was filtered separately through filter paper (Whatman no.1), and the supernatants were evaporated with a rotary evaporator to remove methanol. Then the extracts were kept in a small (50 ml) sterile bottle at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  until use.

#### Preparation of goose meats for analysis

The goose meats were minced using a 3-mm plate in a meat grinder (Kitchen Aid, Classic Model, USA). Seven different goose meat treatments were prepared depending on antioxidant addition; Control, no added antioxidant; BHA, including 200 ppm Butylated hydroxyanisole; BHT, including 200 ppm Butylated hydroxytoluene; PSE1, including 500 ppm extract of pomegranate seed; PSE2, including 1000 ppm extract of pomegranate seed; GSE1, including 500 ppm extract of grape seed and GSE2, including 1000 ppm extract of grape seed. For homogeneous mixing of the antioxidant material and goose meat, 5 ml soybean oil + 5 ml distilled water was added to each of the antioxidant material groups separately and mixed with goose meat. The prepared goose meats were wrapped in polystyrene trays with a PVC film (moisture

permeability: 8 g/m<sup>2</sup> day; oxygen permeability: 15 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> day atm) (Cook, Ankara, Türkiye) and stored for 10 days at + 4 °C in a refrigerator. Moisture (%), color, pH, thiobarbituric acid (TBA), and  $a_w$  analyses were performed on the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 7<sup>th</sup>, and 10<sup>th</sup> days of storage.

#### Moisture analysis

Moisture (%) was determined using the AOAC (2000) methods. A 5 g sample was dried (Nüve EN 500, Türkiye) at 105 °C for 18 h until constant weight.

#### pH analysis

pH values were determined with a pH meter (pH 3110/SET WTW, Germany) after blending 10 g of samples with 100 ml of distilled water for 60 sec. in a homogenizer (Homogenizer HG-15D, Wids, Germany) (Lambooj et al., 1999).

#### Thiobarbituric acid (TBA) analysis

Lipid oxidation was assessed in goose meat during refrigerated (4 °C) storage under retail conditions; the oxidative rancidity of meat was determined by measuring thiobarbituric acid. The results were expressed as mg malondialdehyde/ kg extract (AOAC, 2000).

#### Color measurement

The exterior surface color of all samples was measured using a chromameter (Hunterlab Colourimeter Colourflex) according to the CIELab system. Measurements were made by reading from three different points per sample on each measurement day. The average score of two experiments is recorded. CIE  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  were determined by the method described by Hunt et al. (1991).

#### Determination of water activity ( $a_w$ )

The water activity ( $a_w$ ) values of the samples were measured using a water activity device (AquaLab Series 3TE, Germany). The samples were placed in the chamber of the device, and the values shown on the monitor were recorded.

#### Statistical analysis

All the analyses were performed in two repetitions and three parallels. The results were expressed as

means  $\pm$  standard deviation. The statistical interpretation of results was performed by an analysis of variance (Two-way ANOVA). The statistical analyses were performed by using the MINITAB release 16.0 program. Duncan Multiple Comparison Tests were used to determine the differences among the means at a 95% significance level (Snedecor and Cochran, 1980).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Proximate composition

Used in this study the meat has a total protein content of 18.97% fat content of 29.0% and a moisture level of 48.0%. It was determined that the effects of extracts (Table 1) and storage time

(Table 2) on the chemical properties of goose meats. The moisture content of goose meats varied between 48.00% and 49.13%. The results of the effects of storage on moisture were not statistically important (Table 2) ( $P>0.05$ ). Moisture results related to storage were indicated at 48.02 and 49.41. It was found that there was no statistically significant difference ( $P>0.05$ ) in moisture content between day 1<sup>st</sup> and day 10<sup>th</sup> of storage. Similarly, the  $a_w$  of goose meat did not change depending on storage and extracts, and the difference was not statistically significant ( $P>0.05$ ). This can be explained by the fact that seed extracts can protect muscle fibers and reduce moisture loss.

Table 1. Effect of extracts on  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , pH, moisture, TBA and  $a_w$

| Factor  | $L^*$                          | $a^*$                           | $b^*$            | pH              | Moisture (%)     | TBA (mg MA/kg)               | $a_w$           |
|---------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------|
| Control | 58.90 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.84 | 13.07 <sup>abc</sup> $\pm$ 2.77 | 12.16 $\pm$ 1.06 | 6.19 $\pm$ 0.19 | 48.00 $\pm$ 0.89 | 0.14 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 | 0.98 $\pm$ 0.01 |
| BHA     | 59.49 <sup>a</sup> $\pm$ 2.56  | 12.31 <sup>c</sup> $\pm$ 2.28   | 13.25 $\pm$ 1.03 | 6.22 $\pm$ 0.39 | 48.90 $\pm$ 1.95 | 0.11 <sup>d</sup> $\pm$ 0.03 | 0.96 $\pm$ 0.01 |
| BHT     | 58.80 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.03 | 13.49 <sup>a</sup> $\pm$ 3.05   | 12.75 $\pm$ 0.97 | 6.21 $\pm$ 0.18 | 48.96 $\pm$ 1.13 | 0.12 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03 | 0.98 $\pm$ 0.01 |
| PSE1    | 54.10 <sup>b</sup> $\pm$ 3.78  | 12.21 <sup>c</sup> $\pm$ 2.31   | 13.21 $\pm$ 1.37 | 6.13 $\pm$ 0.19 | 49.13 $\pm$ 1.85 | 0.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03 | 0.98 $\pm$ 0.01 |
| PSE2    | 58.35 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.41 | 13.38 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.77  | 12.08 $\pm$ 1.01 | 6.14 $\pm$ 0.20 | 48.70 $\pm$ 1.23 | 0.12 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04 | 0.99 $\pm$ 0.01 |
| GSE1    | 57.86 <sup>b</sup> $\pm$ 2.98  | 12.43 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.09  | 14.01 $\pm$ 9.72 | 6.13 $\pm$ 0.20 | 48.79 $\pm$ 1.76 | 0.11 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04 | 0.99 $\pm$ 0.01 |
| GSE2    | 58.45 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.16 | 12.60 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.95 | 11.93 $\pm$ 1.42 | 6.08 $\pm$ 0.14 | 48.94 $\pm$ 0.76 | 0.11 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03 | 0.99 $\pm$ 0.01 |

<sup>a-c</sup> Means within columns with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

(BHA: Butylated hydroxyanisole (200 ppm); BHT: Butylated hydroxytoluene (200 ppm); PSE1: Pomegranate seed extract (500 ppm); PSE2: Pomegranate seed extract (1000 ppm); GSE1: Grape seed extract (500 ppm); GSE2: Grape seed extract (1000 ppm).

Sengun et al., (2021) found that vinegar from grapes has a devastating impact on meat proteins and reason decrement in moisture from meat structure. Serdaroglu et al., (2015) used various fruit extracts as marinates for fish margination, and the moisture of the samples marinated with pomegranate juice was detected as the lowest during the preservation time. It has been found in studies that fruit vinegar causes moisture changes in meat caused by acidity. Since fruit juice affects pH, it can be said that it has an effect on the amount of moisture. However, since the fruit seed extracts did not differ in terms of pH in this study, they had no effect on the moisture of the meat.

### Lipid oxidation (TBA)

Lipid oxidation is a highly complex set of free radical reactions that occur between fatty acids

and oxygen, resulting in oxidative degradation of lipids, also known as rancidity. Lipid oxidation or rancidity means that hydroperoxides are formed. Different oxygenated products are produced during lipid oxidation, which may have a significant impact on the quality of meat products during storage (Alirezalu et al., 2019). The TBA tests define the grade of the secondary oxidation products produced by lipid oxidation (Lorenzo et al., 2018). It was determined the effect of extracts and storage day on TBA results was statistically important ( $P<0.05$ ) (Tables 1 and 2). The highest TBA level (0.14 $\pm$  0.05 mg malonaldehyde/kg sample) belongs to the control. PSE and GSE decreased the TBA level. The minimum TBA level (0.11 mg malonaldehyde/kg sample) belonged to samples that had GSE1, GSE2, and

BHA. Table 1 shows that the extracts used reduce lipid oxidation like artificial antioxidants.

Table 2. Effect of storage day on  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , pH, moisture, TBA, and  $a_w$

| Storage days     | $L^*$                     | $a^*$                     | $b^*$        | pH                       | Moisture (%) | TBA (mg MDA/kg)          | $a_w$                    |
|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 <sup>st</sup>  | 58.20 <sup>b</sup> ± 1.83 | 11.08 <sup>d</sup> ± 1.44 | 13.10 ± 1.01 | 6.09 <sup>b</sup> ± 0.03 | 49.41 ± 1.47 | 0.08 <sup>c</sup> ± 0.01 | 0.98 <sup>b</sup> ± 0.01 |
| 3 <sup>rd</sup>  | 58.29 <sup>a</sup> ± 2.16 | 12.11 <sup>c</sup> ± 2.01 | 13.69 ± 7.35 | 6.10 <sup>b</sup> ± 0.04 | 48.95 ± 1.81 | 0.11 <sup>b</sup> ± 0.01 | 0.99 <sup>b</sup> ± 0.01 |
| 7 <sup>th</sup>  | 55.27 <sup>c</sup> ± 2.32 | 14.83 <sup>a</sup> ± 1.69 | 12.50 ± 1.27 | 6.07 <sup>b</sup> ± 0.20 | 48.71 ± 1.02 | 0.16 <sup>a</sup> ± 0.02 | 0.98 <sup>c</sup> ± 0.01 |
| 10 <sup>th</sup> | 60.22 <sup>a</sup> ± 2.10 | 13.11 <sup>b</sup> ± 2.92 | 11.79 ± 0.98 | 6.37 <sup>a</sup> ± 0.31 | 48.02 ± 1.62 | 0.16 <sup>a</sup> ± 0.03 | 0.99 <sup>a</sup> ± 0.01 |

<sup>a-d</sup> Means within columns with different superscript letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

As seen in Figure 1, while the highest TBA was observed in the control group on the 1 day of storage, the lowest TBA was determined in the sample groups treated with PSE2 and GSE2. TBA counts of all samples increased on the 3<sup>rd</sup> day of storage and the highest TBA was observed in the control group, the difference between TBA counts of the other samples was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). On the 7<sup>th</sup> day of storage, the highest TBA was again observed in the control group, and the lowest TBA was observed in the sample group treated with BHA and GSE1. The highest TBA was observed on day 7<sup>th</sup> of storage in sample groups treated with BHT, PSE1, PSE2, and GSE2. On the 10<sup>th</sup> day of storage, the highest TBA was observed in the control group, while the

lowest TBA was observed in the sample groups treated with BHA and GSE2. After the TBA of the sample groups treated with BHT, the TBA of the sample groups treated with PSE1, PSE2, and GSE1 come. The difference between the TBA of these groups was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). The degree to which antioxidants prevent oxidation of goose meat samples was determined as BHA > GSE2 = GSE1 = PSE2 = BHT > PSE1, respectively. These findings are in agreement with previous results using plant extracts in meat products regarding the decrease of lipid oxidation during storage (Chauhan et al., 2019; Bellucci et al., 2021; Jayawardana et al., 2019).

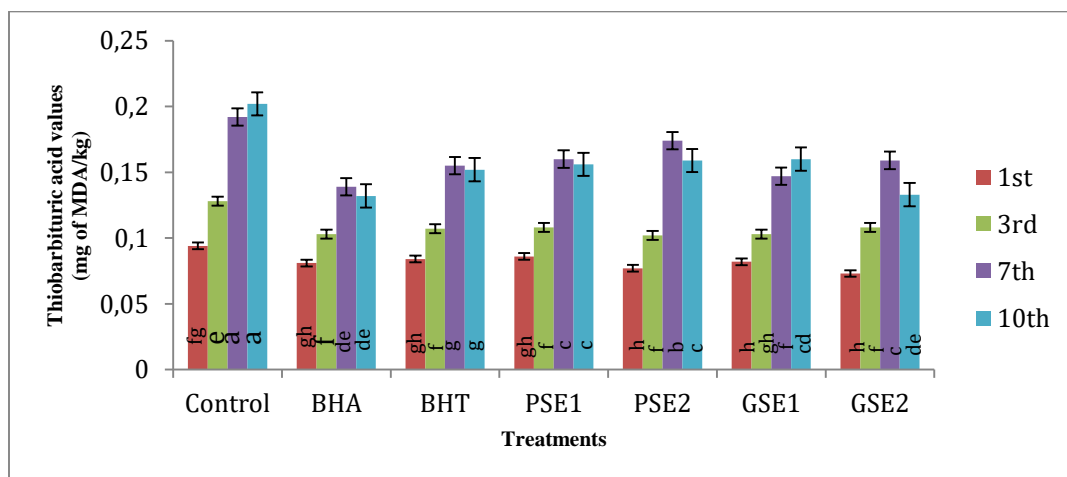


Figure 1. Different treatment x storage interaction of TBA (mg of MDA/kg) values of goose meat samples. The letters on the bars show significantly different ( $P < 0.05$ ) between means. BHA: Butylated hydroxyanisole (200 ppm); BHT: Butylated hydroxytoluene (200 ppm); PSE1: Pomegranate seed extract (500 ppm); PSE2: Pomegranate seed extract (1000 ppm); GSE1: Grape seed extract (500 ppm); GSE2: Grape seed extract (1000 ppm).

In a study conducted by Yerlikaya and Şen Arslan (2021), the oxidation of samples that had propolis and lavender was lower than the control sample and this result shows that propolis and lavender can be used to decrease or prevent lipid oxidation in chicken sausages. Peanut skin extracts minimized lipid oxidation in chicken patties on 15th days of storage at 1 °C (Munekata et al., 2015). Extracts of grape pomace obtained from the winemaking industry incorporated in chicken patties have a lower TBA than control samples (Carpes et al., 2020). Pomegranate extract treatments in chicken meat reduced lipid oxidation by up to 7th days better than the product with ascorbic acid (Ordaz-Rodríguez et al., 2022). Green tea extract reduced lipid oxidation and discoloration without deteriorating the sensory attributes of chicken patties (Passos et al., 2022).

There are many studies on meat and meat products. However, studies on goose meat are limited. For this reason, studies on chicken meat, which is the closest sample to goose meat, were compared. Extracts from grape and pomegranate seeds are thought to show strong antioxidant activity.

#### Hunter color and pH determination

Color values and color stability are significant sensory parameters of meat and meat products that affect all relevance of consumers (Zhang et al., 2022). According to Table 1, the highest  $L^*$  value was observed in the samples treated with BHA, while the lowest  $L^*$  value was observed in the goose meats treated with PSE1 and GSE1. During storage, the highest  $L^*$  values were observed on the 3<sup>rd</sup> and 10<sup>th</sup> days of storage, while the lowest  $L^*$  values were observed on the 7<sup>th</sup> day.

The highest  $a^*$  values were observed in the samples treated with BHT while the lowest  $a^*$  values were observed in the groups treated with BHA and PSE1 (Table 1). During storage, the highest  $a^*$  value was observed on the 7<sup>th</sup> day of storage, while the lowest  $a^*$  value was observed on the 1<sup>st</sup> day (Table 2). The  $b^*$  values do not have statistical significance ( $P>0.05$ ) depending on the storage and extracts.

According to Figure 2,  $L^*$  values of all sample groups; showed a slight increase overall on the 3<sup>rd</sup> day of storage except for BHT-treated sample groups. The lowest  $L^*$  values of all sample groups were measured on the 7<sup>th</sup> day of storage, and the highest  $L^*$  values were measured on the 10<sup>th</sup> day of storage. When the  $a^*$  values of the sample groups were examined during the storage period, the highest  $a^*$  values for all sample groups were observed on the 7<sup>th</sup> day of storage, the groups except the control group and the treated BHT sample. The highest  $a^*$  values were measured on the 10<sup>th</sup> day of storage in the control group and BHT-treated sample groups. The  $a^*$  values of all sample groups were higher than on the 10<sup>th</sup> day of storage, except for the PSE1-treated sample groups. In the sample group treated with PSE1, the lowest  $a^*$  value was observed on the 10<sup>th</sup> day of storage. It is not desirable for goose meat to change in color depending on storage. Therefore, the treatment with the least variation provides a positive effect. Therefore, PSE 2, GSE2 for  $L^*$  closest to control among treatments; PSE2 for  $a^*$ ; for  $b^*$ , all treatments were given (Table 1).

Unal et al. (2022) marinated chicken meat with citric acid, lemon, and grapefruit reported that the  $L^*$  and  $b^*$  values increased significantly ( $P<0.01$ ) compared to the control group. Unal et al. (2020) marinated chicken and turkey meat with diverse juices and observed that the highest  $L^*$  and  $b^*$  parameters for chicken breast meat were in the pomegranate juice group, at 51.21 and 16.01, respectively. The highest  $a^*$  value was in the group marinated with black mulberry juice, at 15.53. Kim et al. (2014) reported that chicken breast treatment with soy sauce solution showed lower  $L^*$  and higher  $a^*$  and  $b^*$  due to the color of the soy sauce. Serdaroglu et al. (2007) reported that the highest  $L^*$  and  $b^*$  values were 63.1 and 9.2 for the group using 100% grapefruit juice, respectively; the  $a^*$  value was 2.3 for the group using 0.5 M citric acid. In literature and this study, the difference in color values was thought to be due to the difference in pigments from the fruits and fruit seeds.

As shown in Table 1, the pH of the control sample was 6.19 and the sample had BHA the

highest pH value of 6.22. The pH differed from 6.07 to 6.37 in storage days. The highest pH can

be seen on day 10<sup>th</sup> of storage (Table 2). GSE reduced the pH of goose meat (Table 2).

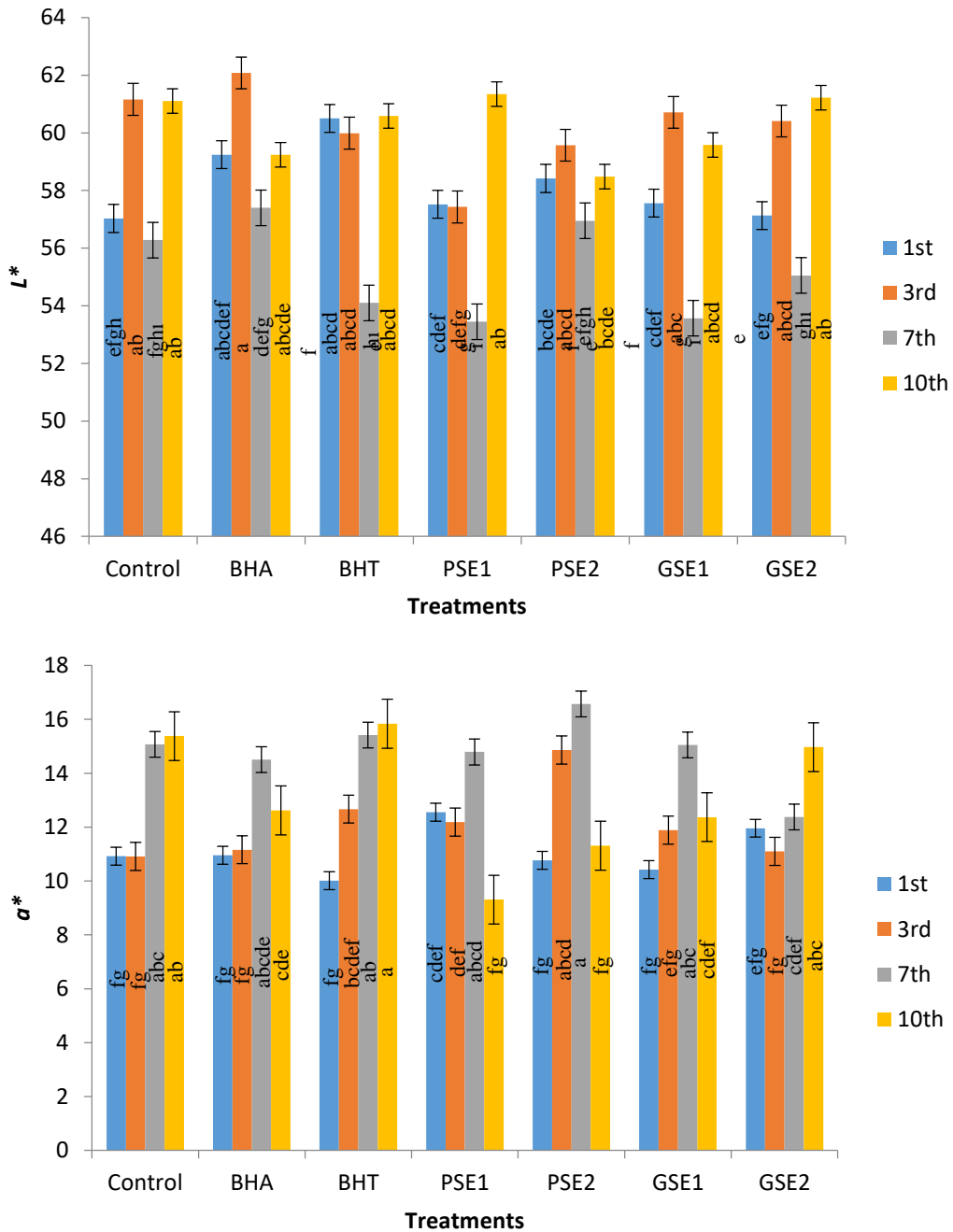


Figure 2. Different treatment x storage interaction of  $L^*$  and  $a^*$  values of goose meat samples. The letters on the bars show significantly different ( $P < 0.05$ ) between means. BHA: Butylated hydroxyanisole (200 ppm); BHT: Butylated hydroxytoluene (200 ppm); PSE1: Pomegranate seed extract (500 ppm); PSE2: Pomegranate seed extract (1000 ppm); GSE1: Grape seed extract (500 ppm); GSE2: Grape seed extract (1000 ppm).

According to Figure 3, pH values of all sample groups, except PSE2 and GSE2 treated sample groups, showed a high increase overall on day 10 of storage. In addition, the pH of the samples treated with PSE2 and GSE2 was not affected much by the storage period. The highest pH was measured during the 10<sup>th</sup> day of storage in the BHA-treated sample groups. In the sample group treated with BHA, the lowest pH was observed during the 7<sup>th</sup> day of storage.

In a study conducted by Tănavots et al., (2018), four different treatments on the pork were prepared using white wine vinegar, apple vinegar, mustard honey, and kefir, and the pH values were determined as 3.0, 3.1, 3.9, and 4.5, respectively. Kargiotou et al., (2011) reported that the pH values of raw beef prepared with soy sauce and red wine were ranging between 3.60 and 4.74. These studies indicated that the pH and total acidity of meats might change depending on the treatment matter.

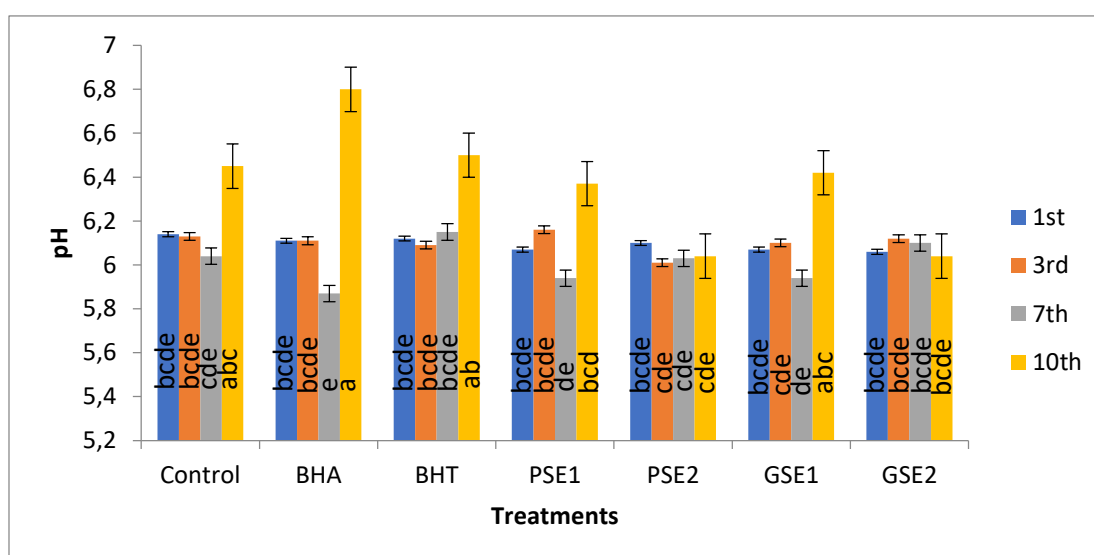


Figure 3: Different treatment x storage interaction of pH values of goose meat samples. The letters on the bars show significantly different ( $P < 0.05$ ) between means. BHA: Butylated hydroxyanisole (200 ppm); BHT: Butylated hydroxytoluene (200 ppm); PSE1: Pomegranate seed extract (500 ppm); PSE2: Pomegranate seed extract (1000 ppm); GSE1: Grape seed extract (500 ppm); GSE2: Grape seed extract (1000 ppm).

## CONCLUSIONS

The study indicated that pomegranate seed and grape seed extracts improved the storage quality of goose meats during refrigerated storage for the 10<sup>th</sup> day. The extract dealing did not influence the moisture and  $b^*$  values of the samples. The lowest TBA values were found in the samples with the grape seed extracts. The seed extracts had a significant effect on the lipid oxidation of goose meats over the 10<sup>th</sup> day. It could be suggested that grape seed and pomegranate seed, which are industrial residuals, are used as a native safeguard in meats, but also studies are needed on extracts, acquired by distinct extraction methods, and used with diverse supplement grades and forms

(essential oil, powder, etc.), to obtain better conclusions in meat products.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was produced as a part of the Master Thesis of Fadimana Arı.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors have declared no conflicts of interest in this article.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Fadimana Arı: Investigation; Methodology, Analysis. Cemalettin Sarıçoban: Conceptualization; Investigation; Funding

acquisition; Methodology; Writing – review & editing; Formal analysis; Data curation; Supervision; Resources. Hulya Sen Arslan: Writing – original draft, Validation; Visualization; Analysis, Writing – review & editing.

## FUNDING

The authors would like to thank the Selçuk University Coordinating Office for Scientific Research Projects (SU-BAP. Konya TURKEY) for financial support (Project Number: 13201046).

## REFERENCES

- Akbari, S.M., Ardekani, H.M., Sabour, H. (2023). The effect of using pomegranate peel powder and protexin probiotic on carcass traits, blood parameters, jejunal tissue morphology and intestinal microbial population of Japanese quails. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 17(1), 1-11.
- Alirezalu, K., Hesari, J., Nemati, Z., Munekata, P.E.S., Barba, F.J., Lorenzo, J.M. (2019). Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compound during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. *Food Research International*, 120, 839–850. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.048>
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis (18th ed.).
- Awad, A.M., Kumar, P., Ismail-Fitry, M.R., Jusoh, S., Ab Aziz, M.F., Sazili, A.Q. (2022). Overview of plant extracts as natural preservatives in meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e16796. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16796>
- Aykurt Oğuz, B., Sarıçoban, C., Şen Arslan, H. (2019). Effects of various plant parts on storage stability and colour parameters of beef extracts. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 25 (4), 261–269.
- Banaszak, M.J., Kuzniacka, J., Biesek, G., Maiorano, M. (2020). Meat quality traits and fatty acid composition of breast muscles from ducks fed with yellow lupin. *Animal*, 14:1969–1975. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000610>
- Bellucci, E.R.B., Munekata, P.E.S., Pateiro, M., Lorenzo, J.M., da Silva Barretto, A.C. (2021). Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat. *Meat Science*, 171, 108284. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108284>
- Biesek, J., Kuzniacka, J., Banaszak, M., Maiorano, G., Grabowicz, M., Adamski, M. (2020). The effect of various protein sources in goose diets on meat quality, fatty acid composition, and cholesterol and collagen content in breast muscles. *Poultry Science*, 99:6278–6286. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.074>
- Boz, M.A., Oz, F., Yamak, U.S., Sarica, M., Civilavdaroglu, E. (2019). The carcass traits, carcass nutrient composition, amino acid, fatty acid, and cholesterol contents of local Turkish goose varieties reared in an extensive. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.3382/ps/pez125>
- Carpes, S.T., Pereira, D., de Moura, C., dos Reis, A.S., da Silva, L.D., Oldoni, T.L.C., Almeida, J.F., Plata-Oviedo, M.V.S. (2020). Lyophilized and microencapsulated extracts of grape pomace from winemaking industry to prevent lipid oxidation in chicken pâté. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1–13. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11219>
- Chauhan, P., Pradhan, S.R., Das, A., Nanda, P.K., Bandyopadhyay, S., Das, A.K. (2019). Inhibition of lipid and protein oxidation in raw ground pork by Terminalia arjuna fruit extract during refrigerated storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(2): 265–273. doi: 10.5713/ajas.17.0882
- Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W., Lorenzo, J. M. (2020). A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 323-336. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.010>
- Dereli, B.O., Türkyılmaz, M., Özkan, M. (2023). Clarification of pomegranate and strawberry juices: effects of various clarification agents on turbidity, anthocyanins, colour, phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 135672.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135672>
- Dewi, M.L., Fakih, T.M., Sofyan, R.I. (2021). The discovery of tyrosinase enzyme inhibitors activity from polyphenolic compounds in red grape seeds through in silico study. *J. Pure Appl. Chem. Res.*, 10(2):104-112. [doi.org/10.21776/ub.jpacr.2021.010.02.551](https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2021.010.02.551)
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W., Lorenzo, J.M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8:1–31. <https://doi.org/10.3390/foods9121739>
- Falowo, A.B., Muchenje, V., Hugo, A. (2017). Effect of sous-vide technique on fatty acid and mineral compositions of beef and liver from Bonsmara and non-descript cattle. *Annals of Animal Science*, 17:565–580. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0078>
- Fernandes, R.P.P., Trindade, M.A., Tonin, F.G., Pugine, S.M.P., Lima, C.G., Lorenzo, J.M., de Melo, M.P. (2017). Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. *Food Chemistry*, 233, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.100>
- Guo, B., Li, D., Zhou, B., Jiang, Y., Bai, H., Zhang, Y., Xu, Q., Yongzhang, Y. (2020). Research note: effect of diet with different proportions of ryegrass on breast meat quality of broiler geese. *Poultry Science*, 99:2500–2507. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.039>
- Hunt, M.C., Acton, J.C., Benedict, R.C., Calkins, C.R., Cornforth, D.P., Jeremiah, L.E., Olson, D.G., Salm, C.P., Savell, J.W., Shivas, S.D. (1991). Guidelines for meat color evaluation. *44th Annual Reciprocal Meat Conference, Chicago* 9–12.
- Jayawardana, B.C., Viraji, B.W., Thotawattage, G.H., Dharmasena, V.A.K.I., Liyanage, R. (2019). Black and green tea (*Camellia sinensis* L.) extracts as natural antioxidants in uncured pork sausages. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43:e13870. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13870>
- Jing, P.U., Ye, T., Shi, H., Sheng, Y., Slavin, M., Gao, B., Yu, L.L. (2012). Antioxidant properties and phytochemical composition of China-grown pomegranate seeds. *Food Chemistry*, 132(3):1457-1464. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.002>
- Kargiotou, C., Katsanidis, E., Rhoades, J., Kontominas, M., Koutsoumanis, K. (2011). Efficacies of soy sauce and wine base marinades for controlling spoilage of raw beef. *Food Microbiology*, 28:158–163. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.09.013>
- Kaur, R., Gupta, T. B., Bronlund, J., Kaur, L. (2021). The potential of rosemary as a functional ingredient for meat products-a review. *Food Reviews International*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1950173>
- Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Kim, Y.J., Lim, Y.B., Choi, J.H., ... Kim, C.J. (2014). Effects of soy sauce on physicochemical and textural properties of tumbled chicken breast. *Poultry Science*, 93(3), 680-686. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02930>
- Kuzminova, E.V., Semenenko, M.P., Kornen, N.N., Shakhrai, T.A., Viktorova, E.P. (2018). Use of secondary resources of grape's processing to obtain additives of antioxidant action. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 9(3):830-835.
- Lambooi, E., Potgieter, C.M., Britz, C.M., Nortje, G.L., Pieterse, C. (1999). Effect of electrical and mechanical stunning methods on meat quality in Ostriches. *Meat Science*, 52:331–337. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00010-8)
- Li, R., Guo, M., Liao, E., Wang, Q., Peng, L., Jin, W., Wang, H. (2022). Effects of repeated freezing and thawing on myofibrillar protein and quality characteristics of marinated Enshi black pork. *Food Chemistry*, 378:131994. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131994>
- Lorenzo, J.M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F.J., Putnik, P., Kovačević, D.B., Franco, D. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106:1095–1104. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.005>



- Munekata, P.E.S., Calomeni, A.V., Rodrigues, C.E.C., Fávoro-Trindade, C.S., Alencar, S.M., Trindade, M.A. (2015). Peanut skin extract reduces lipid oxidation in cooked chicken patties. *Poultry Science*, 94(3):442–446. <https://doi.org/10.3382/ps/pev005>
- Nazoori, F., Mollai, S., Sobhani, F., Mirdehghan, S.H., Sahhafi, S.R. (2023). Carboxymethyl cellulose and carnauba wax treatments kept the pomegranate fruit (*Punica granatum L.*) quality during cold storage via improving enzymatic defense system and bioactive compounds. *Scientia Horticulturae*, 309:111645. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111645>
- Okumuş, G., Yıldız, E., Bayizid, A.A. (2015). Natural antioxidant compounds: Evaluation of pomegranate by-products as antioxidants. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2).
- Ordaz-Rodríguez, S.B., Abadía-García, L., Huerta-Manzanilla, E.L., Mendoza-Sánchez, M. (2022). Ultrasound-assisted extraction of pomegranate peel antioxidants: A green process to obtain a meat preservative. *Journal of Food Processing and Preservation*, e16712. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16712>
- Passos, R.S.F.T., Barreto, B.G., Leite, J.S.F., Trevisan, A.B., de Souza, C.O., da Silva, M.C.A., Cavalheiro, C.P. (2022). Green tea extract as natural preservative in chicken patties: Effects on physicochemical, microbiological, and sensory properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46:e16224. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16224>
- Polat Yemis, G., Bach, S., Delaquis, P. (2019). Antibacterial activity of polyphenol-rich pomegranate peel extract against *Cronobacter sakazakii*. *International Journal of Food*, 22(1):985–993. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1622564>
- Poojary, M., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Barba, F., Lorenzo, J., Dias, D., Shpigelman, A. (2017). Stability and extraction of bioactive sulfur compounds from Allium genus processed by traditional and innovative technologies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 61, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.007>
- Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Dragović-Uzelac, V. (2016). Optimizing acidity and extraction time for polyphenolic recovery and antioxidant capacity in grape pomace skin extracts with response surface methodology approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 1256–1263. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12710>
- Rahman, R., Upadhyaya, H. (2023). Bioactives and Pharmacology of *Punica granatum L.* In *Bioactives and Pharmacology of Medicinal Plants* (pp. 279–291). Apple Academic Press.
- Rajeshwaran, N., Ramamurthy, J., Rajeshkumar, S. (2020). Green synthesis of grape seed oil mediated silver nanoparticle and preparation of gel-for periodontal diseases. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 32–42.
- Rastogi, R., Chaturvedi, D.K. (2023). Mantra and Homa Therapy: Computational analysis of different aspects to benefit mankind with healthcare 4.0 and industry. *International Journal of Applied Research on Public Health Management (IJARPHM)*, 8(1):1–24. doi: 10.4018/ijarphm.315815
- Ribeiro, J.S., Santos, M.J.M.C., Silva, L.K.R., Pereira, L.C.L., Santos, I.A., da Silva Lannes, S.C., da Silva, M.V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: a brief review. *Meat Science*, 148:181–188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>
- Rodríguez-Carpena, J.G., Morcuende, D., Estévez, M. (2012). Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. *Meat Science*, 90:106–115. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.007>
- Sen, A.R., Mandal, P.K. (2017). Use of natural antioxidants in muscle foods and their benefits in human health: An Overview. *International Journal of Meat Science*, 7, 1–5.
- Sengun, I.Y., Turp, G.Y., Cicek, S.N., Avci, T., Ozturk, B., Kilic, G. (2021). Assessment of the effect of marination with organic fruit vinegars on safety and quality of beef. *International Journal of Food Microbiology*, 336: 108904. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108904>

- Serdaroglu, M., Urgu, M., Doostifard, E., Yıldız-Turp, G. (2015). Quality changes of sardine fillets marinated with vinegar, grapefruit and pomegranate marinades. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.*, 18 (4): 09.
- Serdaroglu, M., Abdramov K., Oenenc, A. 2007. The effects of marinating with citric acid solutions and grapefruit juice on cooking and eating quality of turkey breast. *Journal of Muscle Foods*, 18 (2): 162–172. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2007.00074.x>
- Snedecor, G. W. and Cochran, W. G., 1980. *Statistical Methods*. SXVI-507, The Iowa State University, Press, Amer, Iowa, USA.
- Tänavots, A., Pöldvere, A., Kerner, K., Veri, K., Kaart, T., Torp, J. (2018). Effects of mustard-honey, apple vinegar, white wine vinegar and kefir acidic marinades on the properties of pork. *Veterinarija ir Zootechnica*, 76:76–84.
- Uhlíová, L., Tmova, E., Chodova, D., Vlkova, J., Ketta, M., Volek, Z., Skivanova, V. (2018). The effect of age, genotype and sex on carcass traits, meat quality and sensory attributes of geese. *Asian- Australasian Journal of Animal Science*, 31:421–428. doi: 10.5713/ajas.17.0197.
- Unal, K., Alagöz, E., Çelik, İ., and Sarıçoban, C. 2022. Marination with citric acid, lemon, and grapefruit affects the sensory, textural, and microstructure characteristics of poultry meat. *British Poultry Science*, 63(1), 31-38. doi: 10.1080/00071668.2021.1963674.
- Unal, K., H. Alp, A. S. Babaoğlu, and M. Karakaya. 2020. Different properties of chicken and turkey breast fillets marinated with fruit juices. *Fleischwirtschaft*, 100: 88–93.
- Werenska, M., Haraf, G., Woloszyn, J., Goluch, Z., Okruszek, A. (2021). Fatty acid profile and health lipid indices of goose meat in relation to various types of heat treatment. *Poultry Science*, 100:1–12. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101237>
- Woloszyn, J., Haraf, G., Okruszek, A., Werenska, M., Goluch, Z., Teleszko, M. (2020). Fatty acid profiles and health lipid indices in the breast muscles of local Polish goose varieties. *Poultry Science*, 99:1216–1224. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.026>
- Yerlikaya, S., Şen Arslan, H. (2021). Antioxidant and chemical effects of propolis, sage (*Salvia officinalis* L.), and lavender (*Lavandula angustifolia* Mill) ethanolic extracts on chicken sausages. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45:e15551. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15551>
- Zhang, Y., Yun, Z., Zhu, M., Liu, Z., Huang, Y. (2022). Oxidation and flavor changes in smoked bacon cured using bamboo extract concentrate combined with bamboo poles during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46:e1655. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16556>

## **VIŞNE ÇEKİRDEĞİ ATIĞINDAN ÜRETİLEN PEKTİNİN SOYA BAZLI BİTKİSEL PROTEİN İLE HİDROJEL OLUŞTURMA POTANSİYELİ: FENOLİK MADDE SALINIMI ÜZERİNE HİDROJEL DOĞASININ ETKİSİ**

**Baran Ay, Bülent Başığit\***

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Geliş/Received: 06.06.2023; Kabul /Accepted: 24.07.2023; Online baskı /Published online: 05.08.2023

Ay, B., Başığit, B. (2023). Vişne çekirdeği atığından üretilen pektinin soya bazlı bitkisel protein ile hidrojel oluşturma potansiyeli: Fenolik madde salınımı üzerine hidrojel doğasının etkisi. *GIDA* (2023) 48 (4) 831-845 doi: 10.15237/gida.GD23068

Ay, B., Başığit, B. (2023). Hydrogel forming potential of pectin derived from sour cherry waste with soy-based plant protein: Effect of hydrogel nature on phenolic release. *GIDA* (2023) 48 (4) 831-845 doi: 10.15237/gida.GD23068

### **ÖZ**

Mevcut çalışmada yağı ve proteini alınmış vişne (*Prunus cerasus* L.) çekirdeklerinden elde edilen pektinin (VÇP) soya fasulyesi orijinli doğal hidrojellerin üretiminde destekleyici materyal olarak kullanımı amaçlanmıştır. Pektin tozlarının üretim aşaması Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile doğrulanmıştır. Ayrıca VÇP'nin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri ticari pektin (TP) ile karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Üç farklı doğaya sahip doğal hidrojel sistemleri (SH: sadece soya fasulyesi proteini; SVPH: soya fasulyesi proteini ve VÇP karışımı; STPH: soya fasulyesi proteini ve TP karışımı) üretilmiştir. Jellerin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Fonksiyonel özellikler açısından efektif değerler SVPH'de (su tutma kapasitesi: %91.65; şişme oranı: %5.78; protein sızma oranı: %12.51) tespit edilmiş bu jeli sırasıyla STPH (su tutma kapasitesi: %83.99; şişme oranı: %5.37; protein sızma oranı: %15.81) ve SH (su tutma kapasitesi: %65.74; şişme oranı: %3.56; protein sızma oranı: %23.11) takip etmiştir. Mekanik özellikler açısından ve biyoaktif madde taşıma araçları olarak da SVPH ve STPH ön plana çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Vişne çekirdeği pektini, bitkisel protein, doğal hidrojel, biyoaktif madde taşıma aracı

## **HYDROGEL FORMING POTENTIAL OF PECTIN DERIVED FROM SOUR CHERRY WASTE WITH SOY-BASED PLANT PROTEIN: EFFECT OF HYDROGEL NATURE ON PHENOLIC RELEASE**

### **ABSTRACT**

This study aimed the usage of pectin (VCP) obtained from defatted and deproteinized cherry (*Prunus cerasus* L.) seeds as a supporting material in fabrication of soybean-based natural hydrogels. Production step of pectin powders was verified by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Physicochemical and functional properties of VCP were discussed in comparison with commercial pectin (TP). Natural hydrogels with three different natures (SH: soybean protein alone; SVPH: soybean protein and VCP blend; STPH: soybean protein and TP blend) were constructed. Surface morphologies of gels were examined using scanning electron microscopy. Effective values for functional properties were determined in SVPH (water holding capacity: 91.65%; swelling ratio:

\* Corresponding author/Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: bulentbasyigit@harran.edu.tr

☎: (+90) 414 318 1583

☎: (+90) 414 318 3799

Baran Ay; ORCID no: 0009-0009-9310-1540

Bülent Başığit; ORCID no: 0000-0002-6617-1836

5.78%; protein leachability: 12.51%) followed by STPH (water holding capacity: 83.99%; swelling ratio: 5.37%; protein leachability: 15.81%), and SH (water holding capacity: 65.74%; swelling ratio: 3.56%; protein leachability: 23.11%). SVPH and STPH were ahead in terms of mechanical properties. Also, they were successful in phenolic delivery.

**Keywords:** Sour cherry seed pectin, plant protein, natural hydrogel, bioactive compound delivery vehicle

## GİRİŞ

Gıda endüstrisi, gıda ürünlerinin üretimi, işlenmesi, dağıtımı ve tüketimi ile ilgili çeşitli faaliyetleri kapsayan geniş bir sektördür. Bu endüstri, temel olarak tarım ürünlerinin çeşitli proseslerden geçirilmesi ve proses sonunda bu ürünlerin farklı formlarda (yiyerek ve/veya içecek) tüketiciye sunulması ile ilgilidir. Nihai ürünler olan yiyeceklerin/içeceklerin üretimi esnasında ciddi miktarlarda atık materyaller açığa çıkmaktadır. Kabuklar, yapraklar, çekirdekler (tohumlar) ve diğer yenilebilir/yenilemez kısımlar bu gruba örnek olarak verilebilir (Chaovanakitt ve Wrolstad, 2004). Endüstriyel gıda üretimi süreçlerinde ortaya çıkan bu atıklardan katma değerli ürünlerin eldesi kaynak verimliliği (ekonomik) ve arzu edilebilir bir çevre açısından önemlidir. Bu bağlamda portakal kabuklarından pektin (Casas-Orozco vd., 2015), nar kabuklarından fenolik (Çam vd., 2014), nar çekirdeklerinden yağ (Tian vd., 2013), elma kabuklarından pektin (Shivamathi vd., 2019), biber çekirdeklerinden yağ (Chouaibi vd., 2019) ve kepeklerden protein (Görgüç vd., 2019) üretimi ile ilgili çeşitli çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu yaklaşımlara ve örneklerle paralel olarak mevcut çalışmada pektin eldesinde vişne (*Prunus cerasus*) çekirdekleri başlangıç materyali olarak kullanılmıştır. Vişne ülkemizin farklı bölgelerinde yaygın bir şekilde yetiştirilen meyvelerden biridir. Meyvenin içerdiği antioksidan bileşikler, C vitamini ve lif nedeniyle sağlık üzerine (özellikle bağırsıklık ve sindirim sistemi) farklı birçok faydası bilimsel literatürde not edilmiştir. Vişne, sofralık tüketimi oldukça az endüstriyel bir meyve olup daha çok çeşitli gıda ürünlerinin (turtalar, reçeller, jöleler, konserve, soslar ve meyve suları) üretiminde ham madde olarak kullanılmaktadır (Cairone vd., 2023). Meyvenin bu gıdalara işlenmesi esnasında ciddi miktarlarda atık ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar arasında makromoleküllerce (yağ, protein ve karbonhidrat) zengin olan çekirdekler (kernel) son

yıllarda bilimsel literatürün ve endüstrinin en çok üzerinde durduğu kompleks materyallerdir. Bu kompleks yapılardan yağ ve protein özütlemesini konu alan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır (Başyigit vd., 2021a; Başyigit vd., 2021b); ancak literatür verileri incelendiğinde vişne çekirdeklerinden karbonhidratların özütlenmesi ile ilgili yürütülmüş çalışmaların sayısı sınırlıdır. Çekirdekler kompleks bir yapıya sahip oldukları için makromoleküllerin özütlenmesi sıralı bir şekilde (önce yağ sonra protein) gerçekleştirilmektedir (Başyigit vd., 2022). Teorik olarak düşünüldüğünde sıralı özütleme işlemi sonunda ortaya çıkan posa (yağsız ve proteinsiz) yüksek miktarda karbonhidrat içermektedir. Dolayısıyla ilgili materyallerden karbonhidratların uygun koşullarda özütlenmesi ve elde edilen yapıların farklı sistemlerde değerlendirilmesi katma değerli ürün yelpazesi açısından önemli bir adım olacaktır. Bilimsel literatüre ve sektörel gelişmelere cevap vermek için çalışma kapsamında vişne çekirdeklerinden elde edilen karbonhidratın hidrojel sistemlerine entegre edilmesi planlanmıştır.

Son yıllarda birçok farklı alanda (gıda, medikal, biyoteknoloji ve malzeme bilimi) hidrojel sistemlerinin kullanımına ve mevcut şartların geliştirilmesine yönelik çabalar yadsınamayacak seviyelerdedir (Hoffman, 2012; Zhang vd., 2020). Sentetik materyaller (akrilamidler, poli(hidroksialkil metakrilat), poli(akrilamid), poli(metakrilamid), poli(N-vinil-2-pirolidon) ve polivinil alkol) kullanılarak arzu edilen kaliteye sahip hidrojellerin üretimi mümkündür; ancak canlı organizmaya toksik etkileri nedeniyle bu sistemlerin farklı alanlarda kullanımlarının sınırlandırılması hedeflenmektedir (Sun vd., 2021). Bu bağlamda en dikkat çekici çabalardan bir tanesi sentetik materyaller ile kurulan jel sistemleri yerine doğal alternatiflerinin üretilmesine yöneliktir. Bilimsel bulgular doğal hidrojel sistemlerinin proteinler ve

karbonhidratlarla üretilebileceğine işaret etmektedir (Singhal ve Gupta, 2016; Demirkıran vd., 2022). Bu iki biyopolimer grup arasında ise proteinler (polipeptit zincirleri genellikle biyolojik olarak emilebilir, çevre dostu ve biyolojik olarak güvenli) karbonhidratlarla kıyaslandığında bir dizi doğal avantaj sergilerler (González vd., 2011). Vurgulanan avantajlardan dolayı proteinlerin hidrojel uygulamalarında yapı taşı olarak kullanımına yönelik bir yönelim vardır (Başyigit vd., 2023; Zhang vd., 2023); ancak sadece protein kullanılarak hazırlanan hidrojeller, birçok olumlu yönünün yanı sıra mekanik dayanım eksikliğinden müzdiriptir ve reolojik özellikleri arzu edilebilir seviyelerde değildir (Panahi ve Baghban-Salehi, 2019). Bu dezavantajlar hayvansal proteinlerle üretilen hidrojel sistemleri ile karşılaştırıldığında bitki kaynaklı olanlarda daha belirgindir (Abae vd., 2017). Proteinlerle ilgili bu eksiklikleri gidermek için çeşitli yollar denenmektedir. Örneğin, daha önce yürütülmüş bir çalışmada farklı tekniklerle modifiye edilmiş proteinler kullanılarak jellerin üç boyutlu yapısı oluşturulmuş ve bulgular bu alanda modifikasyonun başarısını ortaya koymuştur (Hennink ve Van Nostrum, 2012). Başka bir çalışmada ise protein bazlı jellere karbonhidratların dahil edilmesi, nihai ürünlerin kalite parametrelerinde gelişmesine neden olmuştur (Yan vd., 2020). Dolayısıyla literatür bulguları baz alındığında atık materyallerden elde edilen karbonhidratların protein orijinli jel sistemlerinde destekleyici materyaller olarak kullanılmaları mevcut koşullarda makuldür.

Belirtilen bulguların ve yaklaşımların ışığı altında, çalışmada yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeklerinden pektin materyali özütlenmiş ve elde edilen karbonhidrat soya fasulyesi proteini orijinli hidrojel sistemlerinin oluşturulmasında destekleyici materyal olarak kullanılmıştır. Hidrojeller morfolojik, fonksiyonel ve tekstürel özellikler açısından karakterize edilmiştir. Ayrıca bu sistemlerin biyoaktif maddelerin taşınmasında potansiyelleri araştırılmıştır.

### **MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **Materyal**

Pektin üretiminde ham madde olarak kullanılan vişne çekirdekleri Isparta'da faaliyet gösteren yerel

bir işletmeden tedarik edilmiştir. Ticari elma pektini Öz Yıldız Kimyevi Maddeler firmasından (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Diğer kimyasallar analitik saflıkta olup aksi belirtilmedikçe Sigma ve Merck firmalarından satın alınmıştır.

#### **Pektin tozlarının ve hidrojel sistemlerinin üretimi**

##### **Pektin özütleme**

Öncelikle laboratuvar tipi soğuk pres (Tuan Makina Sp 1560 S, Ankara, Türkiye) yardımı ile vişne çekirdeklerinden yağ uzaklaştırılmıştır. Daha sonra yağsız posadan proteinler ayrılmıştır (Başyigit vd., 2021b). Pektin eldesi için daha önce yürütülmüş bir çalışma bazı değişiklikler ile referans alınmıştır (Kamal vd., 2023). Yağı ve proteini alınmış vişne çekirdekleri (5 g), 100 mL saf su ile bir cam beher içerisinde karıştırılmıştır. Karışımın pH değeri 1 M hidroklorik asit ile 1.0, 2.0 ve 3.0 olacak şekilde ayarlanmış ve su banyosunda 80 °C'de 2 s bekletilmiştir. Süre sonunda solüsyonlar santrifüj tüplerine alınarak 4000 rpm'de 15 dk santrifüjlenmiştir. Filtre edilen süpernatanta eşit hacimde (1:1 v/v) yavaş bir şekilde etanol (%95, v/v) ilave edilmiş ve karışım gece boyunca +4 °C de bekletilmiştir. Süre sonunda karışım bir kez daha santrifüjleme (4000 rpm 15 dk) prosesine tabi tutulmuştur. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra pektin materyalleri dondurarak kurutma cihazının (CoolerMed, Türkiye) ilgili kısmında kurutulmuş ve analizlere kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

##### **Hidrojel üretimi**

Hidrojeller önceki bir çalışmaya göre bazı değişiklikler ile yapı kazandırılmıştır (He vd., 2021a). Pektin (%2, w/v) ve soya fasulyesi proteini (%30, w/v) stok çözeltileri ayrı ayrı hazırlanarak oda sıcaklığında 5 s boyunca 200 rpm'de karıştırılmış ve tam hidrasyonu sağlamak için hazırlanan çözeltiler bir gece +4 °C'de bekletilmiştir. Pektin ve protein solüsyonları eşit hacimde (1:1 v/v) karıştırılmış ve karışımın pH değeri 6.0 olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan karışım 200 rpm'de 1 s boyunca çalkalandıktan sonra jel oluşumu için su banyosunda 90 °C'de 45 dk bekletilmiştir. Süre sonunda elde edilen

hidrojeller oda sıcaklığına soğutulmuş ve analizlere kadar +4 °C de depolanmıştır.

### Pektin analizleri

#### FTIR spektroskopisi

Pektin tozlarının karakteristik yapıları FTIR cihazı (Shidmadzu, Japonya) ile 600-4000 cm<sup>-1</sup> dalga sayıları arasında araştırılmıştır. Spektrum taramaları 1 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte ve 32 sn tarama süresinde gerçekleştirilmiştir (Andrade vd., 2019).

#### Verim

Pektin özütleme işlemi sonrası elde edilen pektin tozu ve özütleme başlangıcında kullanılan posa miktarı kullanılarak verim hesaplanmıştır. Özütleme verimi Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Özütleme verimi (\%)} = \frac{\text{Nihai toz ürünün ağırlığı}}{\text{Başlangıçtaki numune ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

#### Nem miktarı

Pektin tozlarının nem içeriği gravimetrik olarak hesaplanmıştır. Bir g numune etüvde 105 °C'de 24 saat boyunca sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Kurutma işlemi öncesi ve sonrasında not edilen tartımlar oranlanarak nem içeriği hesaplanmıştır (Samuelsson vd., 2006).

#### Toplam kül miktarı

Toplam kül içeriğini belirlemek için 1-4 g pektin tozu tartılmış ve sabit ağırlığa ulaşana kadar 600 °C kül fırınında 16 saat boyunca yakma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem öncesi ve sonrası kaydedilen ağırlıkların oranlanması ile toplam kül miktarı hesaplanmıştır (Liu, 2019).

#### Su aktivitesi

Pektin tozlarının su aktivitesi değeri, bir su aktivitesi ölçüm cihazı (Aqualab pre, ABD) kullanılarak belirlenmiştir (Turchiuli vd., 2005).

#### Renk

Toz numunelerin renk parametreleri (L\*: açıklık/koyuluk, a\*: kırmızı/yeşil, b\*: sarı/mavi) HunterLab kolorimetresi (Color Quest® XE, ABD) ile tespit edilmiştir (Duangmal vd., 2008).

#### Hausner oranı ve Carr indeksi

Hausner oranı ve Carr indeksi analizlerinin hesaplanmasında pektin tozlarının yığın

yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri kullanılmıştır (Turchiuli vd., 2005). Kısaca, 5 g pektin tozu 25 mL'lik cam mezüre alınarak kapladığı ilk hacim kaydedilmiştir. Daha sonra içerisinde numune bulunan cam mezür düz bir zemin üzerinde 200 defa belirli bir hızda vurularak hacmin sabitlenmesi sağlanmış ve son hacim kaydedilmiştir. Sıkıştırılmış tozun ağırlığının sıkıştırılan hacme oranlanması ile sıkıştırılmış yoğunluk hesaplanmıştır. Pektin tozunun Hausner oranı (Eşitlik 2) ve Carr indeksi (Eşitlik 3) değerleri aşağıdaki Eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Hausner oranı} = \frac{\text{Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu}}{\text{Yığın yoğunluğu}} \quad (2)$$

$$\text{Carr indeksi} = \frac{\text{Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu} - \text{Yığın yoğunluğu}}{\text{Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu}} \times 100 \quad (3)$$

#### Yağ bağlama kapasitesi

Numunelerin yağ bağlama kapasitesini hesaplamak için santrifüj tüpüne alınan 1'er g pektin tozu üzerine 10 mL mısır yağı ilave edilmiştir. Nihai karışımlar oda sıcaklığında 1 s süre ile bekletilmiş ve her 15 dk'da bir defa vorteksleme işlemine tabi tutulmuştur. Süre sonunda 4000 rpm'de 15 dk santrifüjlenmiş ve süpernatantların tamamen uzaklaştırılması için tüpler 45° açı ile 30 dk boyunca tutulmuştur. Numunelerin yağ bağlama kapasitesi değerleri nihai ağırlıklarının başlangıç ağırlıklarına oranlanması ile hesaplanmıştır (Cho vd., 2004).

#### Emülsiyon aktivite indeksi

Emülsiyon hazırlamak için, 0.5 g pektin tozu 100 mL 10 mM potasyum fosfat tamponu içerisinde çözdürülmüştür. Hazırlanan pektin solüsyonu (75 mL) ve mısır yağı (25 mL) bir behere alınarak su içinde yağ emülsiyonu (%25 v/v) oluşturmak için 12.000 rpm'de 1 dk boyunca Ultra-Turrax homojenizatör (IKA-T18 Basic, Japonya) yardımıyla homojenize edilmiştir.

Emülsiyon aktivite indeksi için, 50 µL taze hazırlanan emülsiyon ve 5 mL sodyum dodesil sülfat (%0.1 w/v) ile bir santrifüj tüpü içerisinde karıştırılmıştır. Karışımın absorbansı 500 nm'de UV-Vis spektrofotometre (Model UV-1280,

Shimadzu, Japonya) ile okunarak emülsiyon aktivite indeksi Eşitlik 4'e göre belirlenmiştir (Lee vd., 2021).

$$\text{Emülsiyon aktivitesi (m}^2/\text{g)} = \frac{2 \cdot 2.303 \cdot A_i \cdot SF}{C \cdot \varphi \cdot \theta \cdot 1000} \quad (4)$$

Burada,  $A_i$ : homojenizasyon sonrası okunan absorbans değeri, SF: seyreltme faktörünü, C: pektin konsantrasyonunu,  $\varphi$ : optik yolu;  $\theta$ : yağ hacim fraksiyonunu ifade etmektedir.

### Hidrojel analizleri

#### Taramalı elektron mikroskobu

Hidrojel numunelerinin morfolojisi, dondurarak kurutulduktan sonra taramalı elektron mikroskobu (SEM) (ZEISS Sigma 300 Field Emission SEM, Oberkochen, Germany) ile incelenmiştir. Görüntüleme öncesi, numuneler vakum altında altın-paladyum ile kaplanmıştır (Başyigit vd., 2021b).

#### Su tutma kapasitesi

Hidrojellerin su tutma kapasitesini belirlemek için, 2 g numune 4000 rpm'de 20 dk santrifüjlenmiştir. Süre sonunda hidrojellerden ayrılan su dikkatlice süzülür. Su tutma kapasitesi değeri, hidrojellerin başlangıç ağırlığının santrifüjleme işlemi sonrası ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır (Wang vd., 2019).

#### Şişme oranı

Şişme oranı, hidrojellerin merkezinden küp şeklinde bir parça (10mm) alınarak tartılmıştır. Kübik parça su banyosunda 50 °C'de 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler filtre kâğıdı yardımıyla süzülür ve son ağırlıkları kaydedilmiştir. Şişme oranı Eşitlik 5'e göre hesaplanmıştır (He vd., 2021b).

$$\text{Şişme oranı (\%)} = \frac{\text{Hidrojel'in son ağırlığı} - \text{Kübik kesilen hidrojel'in ağırlığı}}{\text{Hidrojel'in son ağırlığı}} \times 100 \quad (5)$$

#### Protein sızma oranı

Protein sızma oranını belirlemek için, 2 g hidrojel 8 mL 0.05 M sodyum fosfat tampon (pH 7.0) içerisine daldırılmıştır. Tampon ve jel sistemlerini içeren cam beher, 2 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş ve 30 dk'lık aralıklarla manuel olarak

karıştırılmıştır. Süre sonunda solüsyon 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlenme işlemine tabi tutulmuş ve süpernatanttaki çözünür protein konsantrasyonu Bradford yöntemi ile belirlenmiştir (He vd., 2021b).

### Tekstürel özellikler

Hidrojel numunelerinin dokusal özellikleri TA-XT plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK) ile silindirik bir prob (P/0.5) kullanılarak belirlenmiştir. Hidrojellerin sertlik, sakızimsılık ve çigneme özellikleri tanımlanmıştır (Wang vd., 2019).

#### Fenolik maddelerin salınım davranışı

Hidrojellerin biyoaktif maddelerin taşınmasında kullanım potansiyellerini değerlendirmek için hibiskus bitkisinden (*Hibiscus sabdariffa* L.) elde edilen özütler kullanılmıştır. Fenolik ekstraksiyonu için daha önce yürütülmüş bir çalışma referans alınmıştır (Naji vd., 2023). Beş g hibiskus, sıcaklığı 120 °C olan 100 mL saf su ile karıştırılmıştır. Karışımları içeren cam şişeler su banyosunun ilgili kısmına yerleştirilmiş ve özütleme işlemine 120 °C sıcaklıkta 54 dk boyunca devam edilmiştir. Süre sonunda karışımlar santrifüjleme (4000 rpm 5 dk) işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen süpernatantlar (2 mL) hidrojelere yüklenmiştir. Fenolik yüklü hidrojeller ortam sıcaklığında 0.2 M sodyum fosfat tamponu (pH 7.0) içerisine daldırılmıştır. 360 dk boyunca her 60 dk'de bir defa solüsyon içerisinden bir pipet yardımı ile 2 mL sıvı alınmış ve çekilen sıvı miktarı kadar yerine sodyum fosfat tamponu eklenmiştir (Liu vd., 2018). Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için, 0.4 mL numune içeren cam tüplere 1.6 mL sodyum karbonat (%7.5, w/v) ve saf su ile 10 kat seyreltilmiş 2 mL Folin-Ciocalteu fenol reaktifi ilave edilmiştir. Karışım 1 s karanlıkta inkübe edildikten sonra absorbans değerleri 765 nm dalga boyunda UV-Vis spektrofotometre ile ölçülmüştür. Sonuçlar gallik asit eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır (Tülek vd., 2021).

### İstatistiksel analizler

Tüm analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ortalama±standart

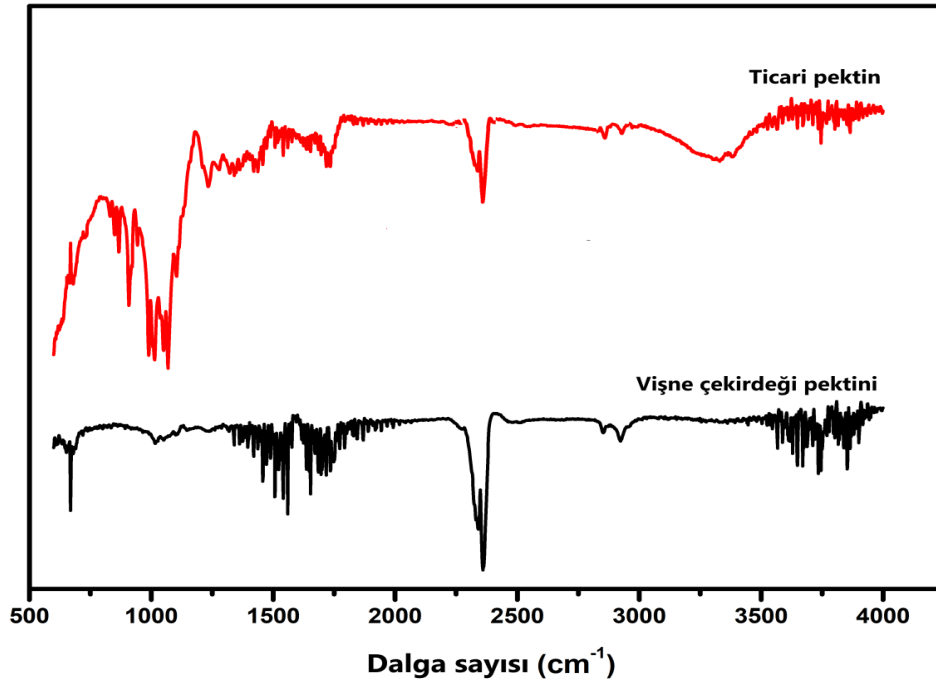
sapma olarak verilmiştir. Grafiklerin oluşturulmasında OriginPro 2021b (Origin Lab Inc.) kullanılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler için veri setleri SPSS sürüm 22.0 istatistik paket (SPSS Inc., Chicago, ABD) programına işlenmiştir. İşlenen veri setleri tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Gruplar arası karşılaştırma için Tukey çoklu karşılaştırma testi ( $p < 0.05$ ) kullanılmıştır.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

### Vişne çekirdeklerinden pektin üretim adımının doğrulanması

Çalışmanın bu bölümünde vişne çekirdeklerinden pektin özütleme işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini tespit etmek için nihai toz ürünlerdeki spesifik gruplar FTIR spektroskopisi ile yorumlanmıştır. VÇP ve TP'ye ait spektrumlar Şekil 1'de sunulmuştur. Her iki örnekte absorpsiyon bantları benzer dalga sayılarında ortaya çıkmıştır. Yaklaşık  $3300 \text{ cm}^{-1}$ 'deki geniş ve yayvan bantlar pektin örneklerinin hidroksil gruplarında bulunan O-H bağlarının gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır.

Alifatik ve aromatik C-H bağlarının gerilme titreşimlerine karşılık gelen zirveler  $2800-3000 \text{ cm}^{-1}$ 'de tespit edilmiştir (Güzel ve Akpınar, 2019). Karbonil (C=O) (ester, karboksilik asit veya asetil) gruplarının esneme titreşimini temsil eden zirveler VÇP ve TP'nin spektrumlarında  $1740-1760 \text{ cm}^{-1}$  bölgeleri arasında ortaya çıkmıştır (Sivam vd., 2012). Pektin örneklerindeki karboksilat gruplarını (O-C=O esneme) temsil eden tepe noktaları  $1600 \text{ cm}^{-1}$  dalga sayısındadır (Liu vd., 2021). Spektrumlarda açık bir şekilde görülen yaklaşık  $1250 \text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki absorpsiyon bantları metoksi gruplarındaki (-OCH<sub>3</sub>) C-O bağının esneme titreşimleri ile ilişkilendirilebilir (Herrera-Rodríguez vd., 2022).  $800-1050 \text{ cm}^{-1}$  civarındaki tepe noktaları galakturonik asit birimleri arasındaki glikozidik bağların karakteristiğidir (Szymanska-Chargot vd., 2015). Sonuç olarak pektine özgü özel yapıları temsil eden pikler referans numunede (TP) olduğu gibi VÇP'nin kızılötesi spektrumlarında da tanımlanmıştır. Başka bir ifade ile elde edilen spektrumlar vişne çekirdeklerinden pektinin efektif bir şekilde özütlendiğini doğrulamıştır.



Şekil 1. Vişne çekirdeği pektininin ve ticari pektinin FTIR spektrumları

Figure 1. FTIR spectrums of sour cherry seed and commercial pectin



### Pektinlerin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri

VÇP ve TP materyallerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri Çizelge 1’de sunulmuştur. Bu çalışmada pektin üretimi 3 farklı pH’da (pH 1.0, 2.0 ve 3.0) gerçekleştirilmiştir. pH 1.0, 2.0 ve 3.0 için verim değerleri sırasıyla %35.99, %16.25 ve %2.58 olarak belirlenmiştir. Düşük pH’da özütleme işlemi yürütüldüğünde nihai ürünlerde yanmadan dolayı kalite kayıpları meydana gelmiştir. Bu yüzden vişne çekirdeklerinden pektin materyali pH 2.0’da özütlenmiş ve çalışmanın ileriki aşamalarında kullanılmıştır. Mevcut çalışmada VÇP’nin nem içeriği %4.53 olarak bulunurken TP’nin nem içeriği %6.80 olarak belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 1). Toplam kül miktarı ise VÇP için %3.96 ve TP için %5.12 olarak tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Her iki numune için tespit edilen düşük su aktivitesi (VÇP: 0.42 ve TP: 0.33) örneklerin başta mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara karşı stabil olduklarına işaretler. Renk değerlerine gelince  $L^*$  değerleri, VÇP’nin TP’den daha parlak bir renge sahip

olduğunu göstermiştir. Buna karşın her iki örneğin de benzer  $a^*$  değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Örneklerde sarılığı ifade eden  $b^*$  değeri VÇP ve TP için sırasıyla 12.38 ve 41.54 olarak belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Hausner oranı ve Carr indeksi değerleri tozların yapışkanlığını ve sıkıştırılabilirliğini değerlendirmek için kullanılan iki parametredir (Santomaso vd., 2003). Mevcut çalışmada, Hausner oranı (HR) VÇP için 1.17, TP için ise 1.31 olarak belirlenmiştir. Carr indeksi değerleri ise VÇP ve TP için sırasıyla 16.72 ve 30.94 olarak tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 1). Bulgular, VÇP’nin TP’den daha üstün akış özellikleri sergilediğini göstermiştir (Shah vd., 2008). Yağ bağlama kabiliyetleri incelendiğinde, TP’nin (%288.94) VÇP’ye (%203.52) göre yağ bağlama konusunda daha yetenekli olduğu saptanmıştır. Emülsiyon özellikleri de bu sonuçları desteklemiş ve VÇP’nin emülsiyon aktivite indeksi değeri  $23.77 \text{ m}^2/\text{g}$  olarak belirlenirken, TP’de bu değer  $34.90 \text{ m}^2/\text{g}$  olarak bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Çizelge 1. Pektin materyallerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri

Table 1. Physicochemical and functional properties of pectin materials

| Parametreler<br><i>Parameters</i>                                                          | Vişne çekirdeği pektini<br><i>Sour cherry seed pectin</i> | Ticari pektin<br><i>Commercial pectin</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Verim ( <i>Yield</i> ) (%)                                                                 | 16.25±1.14                                                | -                                         |
| Nem miktarı ( <i>Moisture content</i> ) (%)                                                | 4.53±0.54 <sup>b</sup>                                    | 6.80±0.48 <sup>a</sup>                    |
| Toplam kül miktarı ( <i>Ash content</i> ) (%)                                              | 3.96±0.42 <sup>b</sup>                                    | 5.12±0.36 <sup>a</sup>                    |
| Su aktivitesi ( <i>Water activity</i> )                                                    | 0.42±0.03 <sup>a</sup>                                    | 0.33±0.01 <sup>b</sup>                    |
| Renk ( <i>Color</i> ) $L^*$                                                                | 82.75±0.13 <sup>a</sup>                                   | 52.43±0.47 <sup>b</sup>                   |
| $a^*$                                                                                      | 5.97±0.06 <sup>a</sup>                                    | 5.11±0.08 <sup>b</sup>                    |
| $b^*$                                                                                      | 12.38±0.06 <sup>a</sup>                                   | 41.54±0.46 <sup>b</sup>                   |
| Hausner oranı ( <i>Hausner ratio</i> )                                                     | 1.17±0.00 <sup>b</sup>                                    | 1.31±0.00 <sup>a</sup>                    |
| Carr indeksi ( <i>Carr index</i> )                                                         | 16.72±0.12 <sup>b</sup>                                   | 30.94±0.10 <sup>a</sup>                   |
| Yağ bağlama kapasitesi ( <i>Oil binding capacity</i> ) (%)                                 | 203.52±1.78 <sup>b</sup>                                  | 288.94±1.66 <sup>a</sup>                  |
| Emülsiyon aktivite indeksi ( <i>Emulsifying activity index</i> ) ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) | 23.77±0.16 <sup>b</sup>                                   | 34.90±0.01 <sup>a</sup>                   |

Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a-c) örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklara karşılık gelir ( $p<0.05$ ) (*Different lowercase letters (a-b) in the same row correspond to statistical differences between samples*).

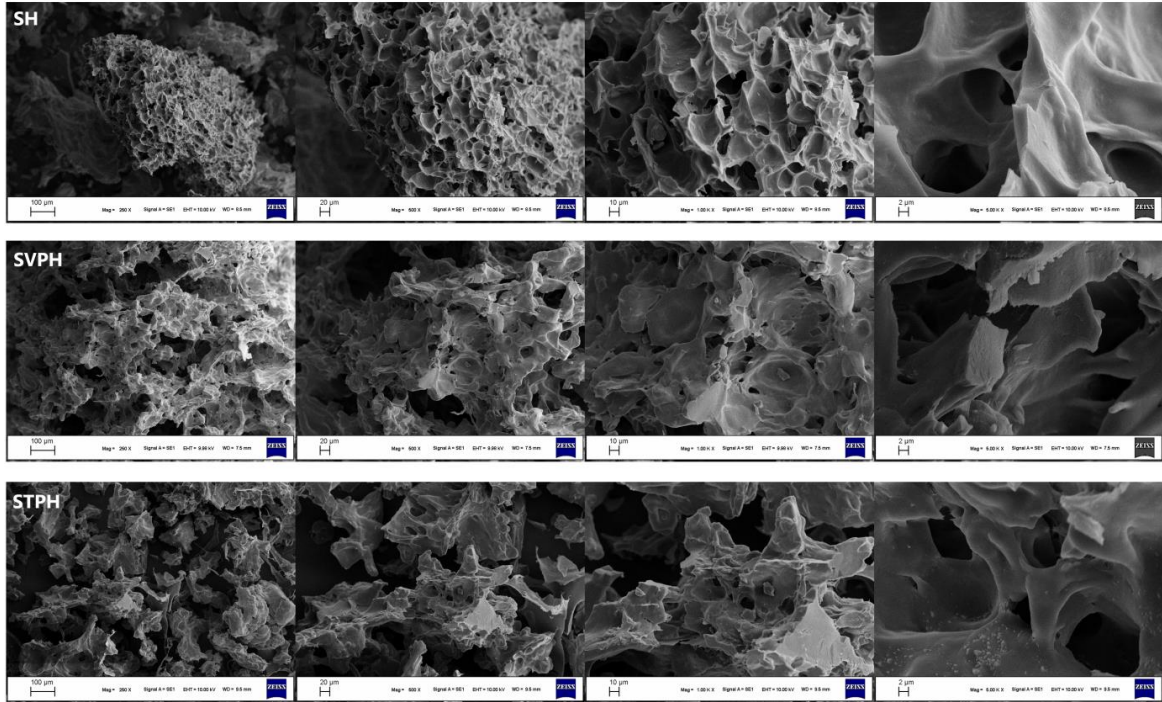
### Hidrojellerin morfolojik yapıları

Soya fasulyesi proteini orijinli doğal hidrojellerin morfolojik yapıları taramalı elektron mikroskopu ile araştırılmış ve örnekler için görüntüler Şekil 2’de verilmiştir. Hidrojel sistemlerine pektin ilavesi morfolojik yapıda önemli değişikliklere

neden olmuştur. Sadece soya fasulyesi kullanılarak üretilen jel sistemlerinde nispeten homojen olmayan gözenekli yapıların baskın olduğu tespit edilmiştir. Jel sistemleri için gözenek benzeri yapılar daha önceki çalışmalarda karakteristik özellik olarak verilmiştir (Junlapong vd., 2020).

Küçük boşluklar (porlar) VÇP ve TP varlığında üretilen hidrojellerde de gözlemlenmiştir; ancak pektinlerin sisteme dahil edilmesi poröz yapının (gözenekler ve boşluklar) sayısında bir azalmaya neden olmuştur. SVPH ve STPH'de iç içe geçmiş kompakt, nispeten pürüzsüz ve düzenli bir yapıya sahip bileşik ağlar baskın hale gelmiştir. Bitkisel protein bazlı doğal hidrojellere karbonhidratların entegre edilmesi daha yoğun bileşik ağlara sahip sistemlerin üretilmesine neden olur (Başıyigit vd.,

2023). Muhtemelen, bu olgu polimerler (soya fasulyesi proteini ve pektin) arasında oluşan hidrojen bağları ve elektrostatik etkileşimlerden ileri gelmektedir. Bu etkileşimler daha kompakt ve sert bir yapıya neden olur (Slavutsky ve Bertuzzi, 2019). Bu yaklaşım mevcut çalışmada elde edilen tekstürel parametreler (pektin varlığında hazırlanan örneklerde üstün sertlik) ile de uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Hidrojellerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri

Figure 2. Scanning electron microscope images of hydrogels

SH: Sadece soya fasulyesi proteini varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein alone*); SVPH: Soya fasulyesi proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein and sour cherry seed pectin*); STPH: Soya fasulyesi proteini ve ticari pektin varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein and commercial pectin*).

### Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri

Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri hakkında bilgi sağlayan su tutma kapasitesi, şişme oranı ve protein sızma oranı ile ilgili bulgular Çizelge 2'de sunulmuştur. Hidrojellerin dış kuvvetlere maruz bırakıldıklarında yapılarındaki suyu tutma kabiliyeti su tutma kapasitesi olarak ifade edilir. Sadece soya fasulyesi proteini ile dizayn edilen hidrojelin (SH) su tutma kapasitesi değeri %65.74 bulunmuştur. Buna karşılık sisteme pektin ilavesi

bu değerde önemli bir artışa neden olmuş ( $p < 0.05$ ) ve bulgular %80'nin üzerine çıkmıştır. SVPH ve STPH için su tutma kapasitesi sırasıyla %91.65 ve %83.99 olarak belirlenmiştir. Protein bazlı hidrojel sistemlerine karbonhidrat ilavesi örneklerin su tutma kapasitesinin gelişimine neden olabilir (Demirkıran vd., 2022). Jel içerisinde polimerler (protein ve pektin) arasındaki etkileşim daha kararlı ağ yapılarının oluşmasına neden olur. Bu durum santrifüjleme

adımında ilgili jel sistemlerinde yapının bozulmasını zorlaştırır ve nihayetinde su molekülleri ağ yapısı içerisinde tutularak dışarıya sızmaları kısıtlanır. Başka bir ifade ile yapısal olarak düşük sertliğe ve kompaktlığa sahip hidrojellerin su tutma yetenekleri sınırlıdır (Yang vd., 2021). Bu yaklaşım mevcut çalışmadaki

taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ve tekstürel bulgular ile uyumluydu. İlgili bölümlerde SH ile karşılaştırıldığında SVPH ve STPH'nin daha yüksek jel kuvvetine sahip olduğu vurgulanmıştır.

Çizelge 2. Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri

Table 2. Functional properties of hydrogels

| Parametreler<br><i>Parameters</i>                         | SH                      | SVPH                    | STPH                    |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Su tutma kapasitesi ( <i>Water holding capacity</i> ) (%) | 65.74±0.66 <sup>c</sup> | 91.65±0.67 <sup>a</sup> | 83.99±0.93 <sup>b</sup> |
| Şişme oranı ( <i>Swelling ratio</i> ) (%)                 | 3.56±0.31 <sup>b</sup>  | 5.78±0.06 <sup>a</sup>  | 5.37±0.43 <sup>a</sup>  |
| Protein sızma oranı ( <i>Protein leachability</i> ) (%)   | 23.11±0.34 <sup>a</sup> | 12.51±0.19 <sup>c</sup> | 15.81±0.11 <sup>b</sup> |

Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a-c) örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklara karşılık gelir (p<0.05) (Different lowercase letters (a-c) in the same row correspond to statistical differences between samples). SH: Sadece soya fasulyesi proteini varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein alone*); SVPH: Soya fasulyesi proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein and sour cherry seed pectin*); STPH: Soya fasulyesi proteini ve ticari pektin varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein and commercial pectin*).

Hidrojel sistemleri yapılarında var olan suyun dışında ilave su absorblama yeteneğine sahip olabilirler. Sahip oldukları bu yetenek onların şişme kapasiteleri hakkında bilgi sunar (Dinerman vd., 2002). Soya fasulyesi proteini orijinli doğal hidrojellerin şişme oranı ile ilgili bulgular Çizelge 2'de verilmiştir. En yüksek şişme oranı SVPH'de (%5.78) tespit edilirken bu jeli sırasıyla STPH (%5.37) ve SH (%1.56) takip etmiştir (p<0.05). Elde edilen sonuçlar bazı literatür bulguları ile desteklenirken bazı raporlar ile uyumlu olmadıkları tespit edilmiştir. Örneğin, daha önce yürütülmüş bir çalışmada tek başına protein kullanılarak oluşturulan hidrojellerin şişme oranı, protein ve karbonhidratı bir arada bulunduran sistemlerden daha düşük olduğu not edilmiştir (Başyigit vd., 2023). Bu yaklaşımın aksine yüksek gözenek sayısına sahip hidrojellerin (taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde en çok gözenegün SH'de olduğu açık bir şekilde görülmektedir) daha iyi su absorblama yeteneğine sahip olduğu rapor edilen çalışmalar mevcuttur (Ghanbari vd., 2022). Bu uyumsuzluğun arkasındaki neden olarak SH'nin su içerisinde kısmi çözünmesi gösterilebilir. Başka bir ifade ile protein ve pektin arasındaki elektrostatik itme kuvveti sağlam jellerin oluşmasına olanak tanımış ve nihayetinde SVPH/STPH'nin solüsyon

içerisinde kararlı (çözünmeden) kalmasını sağlayarak bu jel sistemlerinin daha üstün şişme davranışı sergilemelerine neden olmuştur. Metnin farklı bölümlerinde (morfolojik ve tekstürel bulgular) SVPH/STPH'nin güçlü jel davranışlarının altı çizilmiştir.

Protein sızma oranı, belirli bir ortamda proteinlerin hidrojellerin yapısından ayrılma oranını ifade eder (He vd., 2021b). Soya fasulyesi proteini orijinli doğal hidrojel sistemlerinden sodyum fosfat tamponuna sızan protein seviyeleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tampon solüsyonuna maksimum protein sızma oranı, SH (%23.11)'de tespit edilmiştir. SH'nin yapısındaki fazla gözenek sayısı protein salınımını kolaylaştıran nedenlerden bir tanesi olabilir. Pektin olmadan hazırlanan jelin gevşek bir yapıya sahip olması nedeniyle çözelti içerisinde kolay bir şekilde deformasyona uğraması diğer bir açıklama olarak verilebilir. Bu yaklaşım daha sert ve kompakt yapıya sahip olan SVPH ve STPH için elde edilen sonuçlarla desteklenmektedir. Pektin varlığından hazırlanan bu hidrojellerde tampon solüsyonuna transfer olan protein miktarının (SVPH: %12.51 ve STPH: %15.81) önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir. Jel gücü yüksek olan üç boyutlu ağlarda protein

sızıntı oranı düşük seviyelerdedir (Demirkıran vd., 2022).

### Hidrojellerin tekstürel özellikleri

Soya fasulyesi proteini bazlı doğal hidrojellerin sertlik, sakızimsılık ve çiğneme değerleri Çizelge 3'te sunulmuştur. Bu tekstürel parametreler açısından yüksek değerlere sahip olan jel sistemlerinin çevresel faktörlere karşı stabiliteyi maksimum seviyelerdedir (Muhialdin ve Ubbink, 2023). En yumuşak yapı (en düşük sertlik değeri) pektin olmaksızın üretilen jel sisteminde tespit edilmiştir. Pektinin sisteme dahil edilmesi ile birlikte sertlik değerinde önemli seviyelerde bir artış olmuş ve maksimum sonuçlar VÇP içeren jel sistemlerinde tespit edilmiştir. Gelişmiş tekstürel özelliklere sahip bitkisel protein bazlı doğal hidrojellerin oluşturulması için yapı malzemesi olarak proteinlerle birlikte karbonhidratların

kullanımı makul bir yoldur (Başyigit vd., 2023). Karbonhidratların sisteme dahil edilmesiyle proteinlerin molekül ağırlığında meydana gelen artış mekanik özelliklerin gelişimine katkı sağlar (Bashash vd., 2022). Artan sertlik değerinin başka bir nedeni ise jel içi interaksyonları arttıran pektindeki serbest karboksil gruplarının varlığıdır (Moslemi, 2021). Mevcut çalışmada sertlik ile diğer tekstürel parametreler (sakızimsılık ve çiğneme) uyum içinde olup minimum değerler SH'de belirlenmiştir. Bu olgular, yapısal bozulmalara karşı SVPH ve STPH'ye kıyasla SH'nin dayanıklılığın daha düşük olduğunu göstermektedir. SH'deki düşük dayanıklılık elektron mikroskobu görüntüleri, fonksiyonel özellikler ve salınım davranışı ile ilgili bulgularda da açık bir şekilde görülmüştür.

Çizelge 3. Hidrojellerin tekstürel özellikleri

Table 3. Textural properties of hydrogels

| Parametreler<br><i>Parameters</i> | SH                       | SVPH                      | STPH                     |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Sertlik ( <i>Hardness</i> )       | 373.18±1.07 <sup>c</sup> | 1278.57±2.17 <sup>a</sup> | 653.53±2.43 <sup>b</sup> |
| Sakızimsılık ( <i>Gumminess</i> ) | 93.80±0.90 <sup>c</sup>  | 507.08±2.21 <sup>a</sup>  | 217.08±3.29 <sup>b</sup> |
| Çiğneme ( <i>Chewiness</i> )      | 42.03±0.21 <sup>c</sup>  | 397.30±3.09 <sup>a</sup>  | 136.45±1.25 <sup>b</sup> |

Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a-c) örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklara karşılık gelir (p<0.05) (Different lowercase letters (a-c) in the same row correspond to statistical differences between samples). SH: Sadece soya fasulyesi proteini varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein alone*); SVPH: Soya fasulyesi proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein and sour cherry seed pectin*); STPH: Soya fasulyesi proteini ve ticari pektin varlığında üretilmiş hidrojel (*Hydrogel produced in the presence of soybean protein and commercial pectin*).

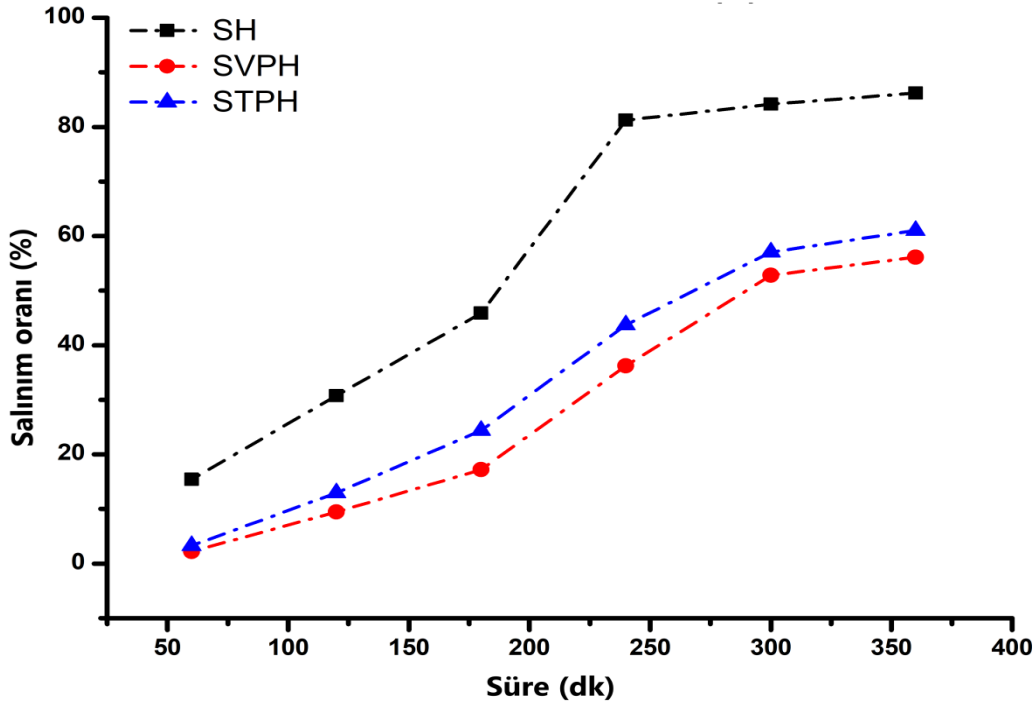
### Fenolik maddelerin salınım davranışı

Hidrojellerin biyoaktif madde taşıyıcı sistemler olarak kabiliyetini ortaya koymak için hibiskustan elde edilen fenolik maddeler model olarak seçilmiştir. Fenolik maddelerin özütlenmesinde daha önce yürütülmüş bir çalışma referans alınmış ve elde edilen özütler jel sistemlerine yüklenmiştir. Jel sistemlerinden tampon solüsyonuna salınan fenolik madde miktarı 360 dk boyunca takip edilmiş ve salınımına ilişkin grafikler Şekil 3'te sunulmuştur. Soya fasulyesi bazlı doğal hidrojellerin üretildikleri malzemeye göre fenoliklerin salınımı değişkenlik göstermiştir. Başka bir ifade ile jel sisteminin doğası ile biyoaktif bileşiklerin salınım davranışı arasında göz ardı edilemez bir etkileşim tespit edilmiştir. İlk

60 dk'lık sürede SH'ye yüklenen fenoliklerin yaklaşık %15'lik kısmı jelden tampon çözeltisine sızmıştır. SVPH ve STPH ise bu oran sırasıyla %2.19 ve %3.26 olarak ölçülmüştür. Pektin ilaveli jellerde analizin başlangıcında tespit edilen bu miktarlardan yüzeyde bulunan fenolik maddeler sorumlu olabilir. İkinci 60 dk'lık süre zarfında (60-120 dk) SVPH ve STPH'den tampon solüsyonuna transfer olan fenoliklerin oranı yaklaşık %10 olarak saptanmıştır. Belirtilen aralıkta pektin içermeyen jel sisteminden fenoliklerin %30.76'lık kısmı sızmıştır. SH'de tespit edilen bu kümülatif sızma patlama salınımına atfedilebilir. Bu patlama salınımı 240 dk boyunca devam etmiş ve sızıntı oranı %80'leri aşmıştır. Pektin içeren hidrojellerde ise herhangi bir patlama salınımı tespit edilmemiş

ve fenoliklerin tampon çözeltisine sızıntısı kademeli olarak gerçekleşmiştir. Analiz sonunda (360 dk) fenoliklerin %15'den daha az bir kısmı SH içinde kalırken, bu oran SVPH için yaklaşık %45 ve STPH için ise yaklaşık %40 olarak saptanmıştır. Pektin varlığında hazırlanan hidrojelerde gözlenen düşük salınım oranı SVPH ve STPH'nin kompakt yapı ile birlikte SH ile

karşılaştırıldığında az sayıdaki gözeneklerine atfedilebilir. Zayıf ağ yapısına ve yüksek sayıda gözeneğe sahip olan jellerden biyoaktif maddelerin salınımı daha hızlı olabileceği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Feki vd., 2020; Varghese vd., 2014).



Şekil 3. Hidrojel sistemlerine hapsedilmiş biyoaktif maddelerin salınım davranışı

Figure 3. Release behavior of bioactive substances entrapped in hydrogel systems

SH: Sadece soya fasulyesi proteini varlığında üretilmiş hidrojel (Hydrogel produced in the presence of soybean protein alone); SVPH: Soya fasulyesi proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel (Hydrogel produced in the presence of soybean protein and sour cherry seed pectin); STPH: Soya fasulyesi proteini ve ticari pektin varlığında üretilmiş hidrojel (Hydrogel produced in the presence of soybean protein and commercial pectin).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmaya olan yaklaşım ve çalışmadan elde edilen veriler bilimsel literatüre ve sektöre farklı bakış açıları sunacaktır. Gelişmiş ülkelerde sıfır atık politikalarına paralel olarak özellikle gıda işleme atıklarının ekonomiye kazandırılmasına yönelik bir çaba olduğu aşikardır. Bilimsel literatürde ve ilgili sektörlerde bu bağlamda umut verici adımlar atılmış ve atılan adımların daha da ileriye götürülmesi için çalışmalar devam etmektedir. Bu bağlamda atıklardan elde edilen fenolik yapılar ve yenilebilir yağlar farklı

sektörlerde başarılı bir şekilde değerlendirilmektedir. Bu değerli materyaller elde edildikten sonra geriye kalan kısımlar da değerlendirilmeye konu olacak kadar özel yapılar içermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta atığın atığından elde edilecek materyalin katma değerli ürünlere dönüştürülebilme potansiyelidir. Bir başka ifade ile katma değerli ürüne dönüştürülme potansiyeli olmayan bir materyalin elde edilmesi zaman ve ekonomik kayıplara yol açacaktır. Bu çalışmada da belirtilen noktalar göz önünde bulundurulmuş ve vişne

çekirdeğinden elde edilen pektinin son yıllarda farklı alanlarda kullanılan ve üzerine birçok çalışma yürütülen hidrojel sistemlerine dahil edilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar sadece protein yerine vişne çekirdeği pektini varlığında üretilen hidrojellerin farklı alanlarda kullanmanın daha efektif bir yol olduğunu göstermiştir. Atıklardan veya atığın atığından bu tarz materyaller elde edildikten sonra katma değeri oldukça yüksek olan farklı sistemlere (hidrojeller gibi) dahil edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür. İleriki çalışmalarda farklı gıda işleme atıklarından elde edilen özel yapılar benzer sistemlerde yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Elde edilen hidrojel sistemlerinin sentetik muadillerine göre başta tıp olmak üzere farklı alanlarda avantajları/dezavantajları tartışılabilir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

#### YAZARLARIN KATKISI

Çalışmanın dizayn edilmesine, yürütülmesine ve sonuçların değerlendirilip yazılmasına her iki yazar da katkı sağlamıştır.

#### KAYNAKLAR

Abaee, A., Mohammadian, M., Jafari, S. M. (2017). Whey and soy protein-based hydrogels and nano-hydrogels as bioactive delivery systems. *Trends in Food Science & Technology*, 70: 69–81, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.011>

Andrade, J., Pereira, C. G., Almeida Junior, J. C. de, Viana, C. C. R., Neves, L. N. de O., Silva, P. H. F. da, Bell, M. J. V., Anjos, V. de C. dos. (2019). FTIR-ATR determination of protein content to evaluate whey protein concentrate adulteration. *LWT-Food Science and Technology*, 99: 166–172, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.079>

Bashash, M., Varidi, M., Varshosaz, J. (2022). Ultrasound-triggered transglutaminase-catalyzed egg white-bovine gelatin composite hydrogel: Physicochemical and rheological studies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76: 102936, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102936>

Başıyigit, B., Altun, G., Yücepete, M., Karaaslan, A., Karaaslan, M. (2023). Locust bean gum

provides excellent mechanical and release attributes to soy protein-based natural hydrogels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 231: 123352, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123352>

Başıyigit, B., Görgüç, A., Gençdağ, E., Cansu, Ü., Yılmaz, F. M., Karaaslan, M. (2022). Functional characterization of high-yield plant protein powder valorized from de-oiled sour cherry seed using microwave-assisted enzymatic extraction followed by spray- and freeze-drying. *Biomass Conversion and Biorefinery*, <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03225-2>

Başıyigit, B., Sağlam, H., Hayoğlu, İ., & Karaaslan, M. (2021a). Spectroscopic (LC-ESI-MS/MS, FT-IR, NMR) and functional characterization of fruit seed oils extracted with green technology: A comparative study with *Prunus cerasus* and *Punica granatum* oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5): e15451, <https://doi.org/10.1111/jfpp.15451>

Başıyigit, B., Yücepete, M., Karaaslan, A., Karaaslan, M. (2021b). High efficiency microencapsulation of extra virgin olive oil (EVOO) with novel carrier agents: Fruit proteins. *Materials Today Communications*, 28: 102618, <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102618>

Cairone, F., Frascchetti, C., Menghini, L., Zengin, G., Filippi, A., Casadei, M. A., Cesa, S. (2023). Effects of processing on chemical composition of extracts from sour cherry fruits, a neglected functional food. *Antioxidants*, 12(2): 445, <https://doi.org/10.3390/antiox12020445>

Çam, M., İçyer, N. C., Erdoğan, F. (2014). Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1): 117–123, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.011>

Casas-Orozco, D., Villa, A. L., Bustamante, F., González, L.-M. (2015). Process development and simulation of pectin extraction from orange peels. *Food and Bioprocess Processing*, 96: 86–98, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.06.006>

- Chaovanalikit, A., Wrolstad, R. E. (2004). Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. *Journal of Food Science*, 69(1): FCT67–FCT72, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17858.x>
- Cho, S. M., Kwak, K. S., Park, D. C., Gu, Y. S., Ji, C. I., Jang, D. H., Lee, Y. B., Kim, S. B. (2004). Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. *Food Hydrocolloids*, 18(4): 573–579, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.10.001>
- Chouaibi, M., Rezig, L., Hamdi, S., Ferrari, G. (2019). Chemical characteristics and compositions of red pepper seed oils extracted by different methods. *Industrial Crops and Products*, 128: 363–370, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.030>
- Demirkıran, E., Başıyigit, B., Altun, G., Yüçetepe, M., Sağlam, H., Karaaslan, M. (2022). Facile construction of fruit protein based natural hydrogel via intra/inter molecular cross-linking. *Food Hydrocolloids*, 133: 107899, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107899>
- Dinerman, A. A., Cappello, J., Ghandehari, H., Hoag, S. W. (2002). Swelling behavior of a genetically engineered silk-elastinlike protein polymer hydrogel. *Biomaterials*, 23(21): 4203–4210, [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00164-3](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00164-3)
- Duangmal, K., Saicheua, B., Sueeprasan, S. (2008). Colour evaluation of freeze-dried roselle extract as a natural food colorant in a model system of a drink. *LWT - Food Science and Technology*, 41(8): 1437–1445, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.08.014>
- Feki, A., Hamdi, M., Jaballi, I., Zghal, S., Nasri, M., Ben Amara, I. (2020). Conception and characterization of a multi-sensitive composite chitosan-red marine alga-polysaccharide hydrogels for insulin controlled-release. *Carbohydrate Polymers*, 236: 116046, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116046>
- Ghanbari, M., Sadjadinia, A., Zahmatkesh, N., Mohandes, F., Dolatyar, B., Zeynali, B., Salavati-Niasari, M. (2022). Synthesis and investigation of physicochemical properties of alginate dialdehyde/gelatin/ZnO nanocomposites as injectable hydrogels. *Polymer Testing*, 110: 107562, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107562>
- González, A. D., Frostell, B., Carlsson-Kanyama, A. (2011). Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: Potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food Policy*, 36(5): 562–570, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.07.003>
- Görgüç, A., Bircan, C., Yılmaz, F. M. (2019). Sesame bran as an unexploited by-product: Effect of enzyme and ultrasound-assisted extraction on the recovery of protein and antioxidant compounds. *Food Chemistry*, 283: 637–645, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.077>
- Güzel, M., Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioprocess Technology*, 115: 126–133, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>
- He, Z., Liu, C., Zhao, J., Li, W., Wang, Y. (2021a). Physicochemical properties of a ginkgo seed protein-pectin composite gel. *Food Hydrocolloids*, 118: 106781, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106781>
- He, Z., Ma, T., Zhang, W., Su, E., Cao, F., Huang, M., Wang, Y. (2021b). Heat-induced gel formation by whey protein isolate-Lycium barbarum polysaccharides at varying pHs. *Food Hydrocolloids*, 115: 106607, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106607>
- Hennink, W. E., van Nostrum, C. F. (2012). Novel crosslinking methods to design hydrogels. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64: 223–236, <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.09.009>
- Herrera-Rodríguez, S. E., Pacheco, N., Ayora-Talavera, T., Pech-Cohuo, S., & Cuevas-Bernardino, J. C. (2022). Advances in the green extraction methods and pharmaceutical applications of bioactive pectins from unconventional sources: A review. *Studies in Natural Products Chemistry*, 73: 221–264,



- <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91097-2.00015-7>
- Hoffman, A. S. (2012). Hydrogels for biomedical applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64: 18–23, <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.09.010>
- Junlapong, K., Maijan, P., Chaibundit, C., & Chantarak, S. (2020). Effective adsorption of methylene blue by biodegradable superabsorbent cassava starch-based hydrogel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 258–264, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.247>
- Kamal, Md. M., Akhtaruzzaman, Md., Sharmin, T., Rahman, M., Mondal, S. C. (2023). Optimization of extraction parameters for pectin from guava pomace using response surface methodology. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11: 100530, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100530>
- Lee, H. W., Lu, Y., Zhang, Y., Fu, C., Huang, D. (2021). Physicochemical and functional properties of red lentil protein isolates from three origins at different pH. *Food Chemistry*, 358: 129749, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129749>
- Liu, J., Li, Z., Lin, Q., Jiang, X., Yao, J., Yang, Y., Shao, Z., Chen, X. (2018). A Robust, Resilient, and Multi-Functional Soy Protein-Based Hydrogel. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(11): 13730–13738, <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01450>
- Liu, K. (2019). Effects of sample size, dry ashing temperature and duration on determination of ash content in algae and other biomass. *Algal Research*, 40: 101486, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101486>
- Liu, X., Renard, C. M. G. C., Bureau, S., Le Bourvellec, C. (2021). Revisiting the contribution of ATR-FTIR spectroscopy to characterize plant cell wall polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 262: 117935, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117935>
- Moslemi, M. (2021). Reviewing the recent advances in application of pectin for technical and health promotion purposes: From laboratory to market. *Carbohydrate Polymers*, 254: 117324, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117324>
- Muhaladin, B. J., Ubbink, J. (2023). Effects of pH and aging on the texture and physicochemical properties of extruded pea protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 140: 108639, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108639>
- Naji, A. M., Başığit, B., Alaşalvar, H., Salum, P., Berktaş, S., Erbay, Z., Çam, M. (2023). Instant soluble roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) powder rich in bioactive compounds: Effect of the production process on volatile compounds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(1): 108–120, <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01593-x>
- Panahi, R., & Baghban-Salehi, M. (2019). Protein-based hydrogels. In *Cellulose-based superabsorbent hydrogels* (pp. 1561–1600). Springer, Cham, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77830-3\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77830-3_52)
- Samuelsson, R., Burvall, J., Jirjis, R. (2006). Comparison of different methods for the determination of moisture content in biomass. *Biomass and Bioenergy*, 30(11): 929–934, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2006.06.004>
- Santomaso, A., Lazzaro, P., Canu, P. (2003). Powder flowability and density ratios: the impact of granules packing. *Chemical Engineering Science*, 58(13): 2857–2874, [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(03\)00137-4](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(03)00137-4)
- Shah, R. B., Tawakkul, M. A., Khan, M. A. (2008). Comparative evaluation of flow for pharmaceutical powders and granules. *AAPS PharmSciTech*, 9(1): 250–258, <https://doi.org/10.1208/s12249-008-9046-8>
- Shivamathi, C. S., Moorthy, I. G., Kumar, R. V., Soosai, M. R., Maran, J. P., Kumar, R. S., Varalakshmi, P. (2019). Optimization of ultrasound assisted extraction of pectin from custard apple peel: Potential and new source. *Carbohydrate Polymers*, 225: 115240, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115240>
- Singhal, R., Gupta, K. (2016). A Review: Tailor-made hydrogel structures (classifications and synthesis parameters). *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 55(1): 54–70,



- <https://doi.org/10.1080/03602559.2015.1050520>
- Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Perera, C. O., Waterhouse, G. I. N. (2012). Exploring the interactions between blackcurrant polyphenols, pectin and wheat biopolymers in model breads; a FTIR and HPLC investigation. *Food Chemistry*, 131(3): 802–810, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.047>
- Slavutsky, A. M., Bertuzzi, M. A. (2019). Formulation and characterization of hydrogel based on pectin and brea gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123: 784–791, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.038>
- Sun, X., Agate, S., Salem, K. S., Lucia, L., Pal, L. (2021). Hydrogel-based sensor networks: Compositions, properties, and applications—a review. *ACS Applied Bio Materials*, 4(1): 140–162, <https://doi.org/10.1021/acsabm.0c01011>
- Szymanska-Chargot, M., Chylinska, M., Kruk, B., Zdunek, A. (2015). Combining FT-IR spectroscopy and multivariate analysis for qualitative and quantitative analysis of the cell wall composition changes during apples development. *Carbohydrate Polymers*, 115: 93–103, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.08.039>
- Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B., Martin Lo, Y. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1): 202–208, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.010>
- Turchiuli, C., Eloualia, Z., El Mansouri, N., Dumoulin, E. (2005). Fluidised bed agglomeration: Agglomerates shape and end-use properties. *Powder Technology*, 157(1-3): 168-175, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2005.05.024>
- Tülek, Z., Alaşalvar, H., Başıyigit, B., Berktas, S., Salum, P., Erbay, Z., Telci, I., Çam, M. (2021). Extraction optimization and microencapsulation of phenolic antioxidant compounds from lemon balm (*Melissa officinalis* L.): Instant soluble tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), <https://doi.org/10.1111/jfpp.14995>
- Varghese, J. S., Chellappa, N., Fathima, N. N. (2014). Gelatin–carrageenan hydrogels: Role of pore size distribution on drug delivery process. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 113: 346–351, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2013.08.049>
- Wang, H., Wan, L., Chen, D., Guo, X., Liu, F., Pan, S. (2019). Unexpected gelation behavior of citrus pectin induced by monovalent cations under alkaline conditions. *Carbohydrate Polymers*, 212: 51–58, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.012>
- Wang, Y., Zhao, J., Liu, C., Li, W. (2019). Influence of  $\gamma$ -aminobutyric acid on gelling properties of heat-induced whey protein gels. *Food Hydrocolloids*, 94: 287–293, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.031>
- Yan, W., Yin, L., Li, J., Yadav, M. P., Jia, X. (2020). Development of corn fiber gum–soybean protein isolate double network hydrogels through synergistic gelation. *Food and Bioprocess Technology*, 13(3): 511–521, <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02412-1>
- Yang, J., Shen, M., Luo, Y., Wu, T., Wen, H., Xie, J. (2021). Construction and characterization of Mesona chinensis polysaccharide–chitosan hydrogels, role of chitosan deacetylation degree. *Carbohydrate Polymers*, 257: 117608, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117608>
- Zhang, H., Zhang, F., Yuan, R. (2020). Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. In *Hydrogels Based on Natural Polymers* (pp. 357–410), Elsevier, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816421-1.00015-X>
- Zhang, Q., Liu, Y., Yang, G., Kong, H., Guo, L., Wei, G. (2023). Recent advances in protein hydrogels: From design, structural and functional regulations to healthcare applications. *Chemical Engineering Journal*, 451: 138494 <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138494>



**READY-TO-EAT CHICKPEA PURÉE POWDER BY DRUM DRYING;  
PHYSICOCHEMICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POWDER  
PRODUCT**

**Esin Selçuk, Özgül Altay, Rabia Akçay Salık,  
Özgün Köprüalan Aydın, Figen Kaymak Ertekin\***  
Department of Food Engineering, Ege University, Izmir, Turkey

Received /Geliş: 17.05.2023; Accepted / Kabul: 01.08.2023; Published online / Online baskı: 08.08.2023

Seçuk, E., Altay, Ö., Akçay Salık, R., Köprüalan Aydın, Ö., Kaymak Ertekin, F. (2023). Ready-to-eat chickpea purée powder by drum drying; physicochemical, and rheological properties of powder product. GIDA (2023) 48 (4) 846-860 doi: 10.15237/gida.GD22060

Seçuk, E., Altay, Ö., Akçay Salık, R., Köprüalan Aydın, Ö., Kaymak Ertekin, F. (2023). Valsli kurutma ile tüketime hazır nohut püresi tozu; toz ürünün fizikokimyasal ve reolojik özellikleri. GIDA (2023) 48 (4) 846-860 doi: 10.15237/gida.GD22060

**ABSTRACT**

This study aims to convert raw chickpea (*Cicer arietinum* L.) into dried chickpea puree powder form using a drum dryer having a high rehydration ratio and for ready-to-use consumption form maintaining its healthy properties. The effects of the drying conditions on the physical, chemical, and rheological properties of chickpea puree powders were investigated. Before drying, raw chickpeas were soaked in water at 25°C for 12 hours and boiled at 100°C for 55 minutes. In the drying process, saturated steam pressures (2, 3, and 4 bar) and drum rotation speeds (2.0, 3.0, 4.0, and 5.0 rpm) were chosen as process variables. The most appropriate process conditions were determined as 3 bar of steam pressure and 2 rpm of drum rotation speed targeting the maximum protein content ( $30.35\pm 0.18\%$ ), maximum rehydration ratio ( $515\pm 0.01\%$ ), and as low as possible browning index (BI) ( $59.28\pm 4.90$ ) values. It was determined that chickpea puree had the appropriate rheological characteristics when the shear stress and shear rate values for chickpea puree powders with various dry matter contents (%25, %26, %27.5, %30) produced under suitable process parameters were examined.

**Keywords:** Chickpea puree powder, drum drying, healthy food, rehydration ratio, rheology

**VALSLI KURUTMA İLE TÜKETİME HAZIR NOHUT PÜRESİ TOZU; TOZ  
ÜRÜNÜN FİZİKOKİMYASAL VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

**ÖZ**

Bu çalışmada, çiğ nohutun (*Cicer arietinum* L.) yüksek rehidrasyon oranına sahip valsli bir kurutucu kullanılarak kurutulmuş nohut püresi tozu formuna dönüştürülmesi ve sağlıklı özelliklerini koruyarak kullanıma hazır tüketim formuna getirilmesi amaçlanmıştır. Kurutma koşullarının nohut püresi

\* Corresponding author/ Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: figen.ertekin@ege.edu.tr

☎: (90) 232 311 3006

☎: (90) 232 342 7592

Esin Selçuk; ORCID no: 0000-0002-3745-1791

Özgül Altay; ORCID no: 0000-0003-0067-9319

Rabia Akçay Salık; ORCID no: 0000-0002-9031-3160

Özgün Köprüalan Aydın; ORCID no: 0000-0001-8800-7714

Figen Kaymak-Ertekin; ORCID no: 0000-0001-5042-3659

tozlarının fiziksel, kimyasal ve reolojik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kurutmadan önce, çığ nohutlar 25°C'de 12 saat suda bekletilmiş ve 100°C'de 55 dakika kaynatılmıştır. Kurutma işleminde, doymuş buhar basınçları (2, 3 ve 4 bar) ve vals dönüş hızları (2.0, 3.0, 4.0 ve 5.0 rpm) işlem değişkenleri olarak seçilmiş ve valsler arasındaki 1 mm'lik boşluk sabit tutulmuştur. Maksimum protein içeriği ( $30.35 \pm 0.18$ ), maksimum rehidrasyon oranı ( $515 \pm 0.01$ ) ve mümkün olduğunca düşük esmerleşme indeksi (BI) ( $59.28 \pm 4.90$ ) değerlerini hedefleyen en uygun proses koşulları 3 bar buhar basıncı ve 2 rpm vals dönüş hızı olarak belirlenmiştir. Uygun proses parametrelerinde üretilen çeşitli kuru madde içeriklerine (%25, %26, %27,5, %30) sahip nohut püresi tozlarının kayma gerilmesi ve kayma hızı değerleri incelendiğinde, nohut püresinin uygun reolojik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Nohut püresi tozu, valsli kurutma, sağlıklı gıda, rehidrasyon oranı, reoloji

## INTRODUCTION

The chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a significant grain legume source that is produced and consumed all throughout the world. It is a good source of protein and carbohydrates, and its protein content is considered to be higher than that of other legumes (Summo et al., 2019). Moreover, lysine, an essential amino acid, and linoleic acid, an important fatty acid, are two additional nutrients found in abundance in chickpeas (Malunga et al., 2014). By positively influencing the gastrointestinal system, chickpeas' high soluble and insoluble fiber content lowers the risk of colon cancer. It also lowers the risk of cardiovascular illnesses by contributing to the decrease of bad cholesterol (Pekşen and Artık, 2005). Moreover, some minerals including calcium, magnesium, salt, potassium, phosphorus, copper, iron, manganese, and zinc are prevalent in chickpeas. Nevertheless, it has been claimed that the phytic acid found in the chickpea structure inhibits and lowers the digestion of nutrients and minerals including protein and carbohydrates. While chickpeas should not be consumed raw, some procedures are used to minimize or eliminate their negative effects. Many pre-treatments such as soaking in water, peeling, grinding and germination are applied to increase the nutritional value of chickpeas, to produce consumable products with the right textural quality, and to save time and energy (Kaur and Prasad, 2021). In today's increasing pace of life, chickpeas are marketed as canned to provide ease of consumption for human nutrition and canned chickpeas are used in daily nutrition, as an ingredient in meals, and often in purees such as hummus. In addition to these potential uses, chickpeas can be used to create new, innovative,

and healthy food products using a variety of processing techniques (Mustafa et al., 2018).

Drying, which is the most common food preservation technique, extends the shelf life of a wide variety of foods (Köprüalan et al., 2021), including fruit and vegetable purees, baby meals, mashed potatoes, dry soup mixes, and pre-gelatinized starches. The quality of the final product is directly affected by the drying method and drying process conditions. Therefore, it is very important to choose a food-grade drying technique to ensure the quality of the final product (Qiu et al., 2019). Drum drying is considered a relatively economical approach, especially for pureed foods, in terms of both rapid drying and imparting a cooked flavor to the dried product. On the heated surface, the latent and sensible heat required for evaporation during tumble drying is provided by conduction (Jangam, 2011). Drum drying process variables that affect the quality of the final product include feed rate, film thickness, drum speed and area, and drum surface temperature (Kaveh et al., 2020). In studies reported in the literature, mashed forms of various foods such as sweet potato (Soison et al., 2014), potatoes (Ruttarattanamongkol et al., 2016), mango (Germer et al., 2018), apple (Topuz and Pazir, 2019), and olive pomace (Baysan et al., 2022) were dried using a drum dryer. As a result of all these studies, it was found that products with low moisture content have high solubility in water, high wettability and easy tissue recovery. In these studies, it was reported that the evaluation of the rheological and viscoelastic properties of the mashed samples is also required.

Foods in puree and viscous forms require careful consideration of rheological properties which are evaluated using rheometers and viscometers (Tabilo-Munizaga and Barbosa-Cánovas, 2005). The viscosity ( $\mu$ ) parameter is important to determine the rheological properties of foods. Two types of rheological analysis are used in food products. These include static (measured by  $\mu$ , mass tension, thixotropy and mixing under the influence of normal force, pumping, etc.) and dynamic (measured by observing product stability/stagnation and viscoelastic structure under the influence of modulus) storage ( $G'$ ), loss modulus ( $G''$ ) and  $\mu$  analysis.

The aim of this research is to examine the usability of the drum drying method in the production of ready-to-use chickpea puree powder and evaluate the quality characteristics of obtained products. After the chickpea is brought into puree form with different pre-treatments like soaking, boiling and mashing, the obtained puree was dried by using a drum dryer with different parameters such as steam pressure and drum rotation speed. The effects of drum dryer parameters on various physical, chemical and rheological properties of chickpea puree powder were investigated. This study reports the potential to produce a ready-to-eat edible chickpea puree powder with high nutritional content, good rheological characteristics, and having added value that is obtained by drum drying. Additionally, it is crucial to provide details regarding the nutritional content and health benefits of the product, as well as to offer advantages in terms of storage and transportation, by delivering chickpea puree in a powder form with a longer shelf life. Additionally, determining the rheological characteristics of chickpea puree is crucial for the product's manufacturing, packaging, and consumption.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

The same variety of chickpeas (*C. arietinum* L. *spp.* *arieticeps*) was purchased from the local market in İzmir. Determined to specify the initial quality of chickpeas to be used as raw material were moisture content, water activity ( $a_w$ ), and

composition (protein, total fat, total carbohydrate, and ash content).

### Method

#### Pre-treatments

Chickpeas were washed using water to remove any impurities before being soaked in water at 25°C for 12 hours at a ratio of 1:2 chickpea: water (w/w) to soften the texture and decrease the boiling time. The drained chickpeas were boiled in water at 100°C for 55 minutes, with a 1:3 chickpea: water (w/w) ratio following the soaking process (Segev et al., 2011; Milán-Noris et al., 2023). The boiled chickpeas were then mashed in a blender for 3 minutes.

#### Experimental design

The drying process of the chickpea puree was carried out in a twin drum dryer with different saturated steam pressures (2, 3 and 4 bar) and drum rotation speeds (2, 3, 4 and 5 rpm) at a constant gap (1mm) between two drums (Baysan et al., 2021). Drying experiments were replicated two times. Moisture content,  $a_w$ , compositional analysis (protein content, total fat content, and total ash), and color properties ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma, BI, Hue, and  $\Delta E$ ) were determined for the raw chickpea and boiled chickpea puree. Besides, bulk density and tapped density, rehydration ratio, and rheological properties were analyzed for the dried chickpea powder. The rehydration ratio and rheological properties were determined to understand whether the final powder product is a ready-to-use chickpea puree when mixed with water. The most appropriate process parameters were determined by considering maximum protein content (%), maximum rehydration rate and as low as possible BI value.

### Analysis

#### Physicochemical characterization

The moisture contents of the chickpea samples were evaluated using the gravimetric principle at 105°C until they attained an invariable weight, as described by AOAC (2005). The  $a_w$  value of the chickpea samples was determined using  $a_w$  testing equipment at room temperature (25°C) (Testo-AG 400, Germany). The protein content of the

chickpea samples was determined with the Kjeldahl method (AOAC, 2005) and the findings were presented on a % dry basis. The total fat content of the samples was determined according to the method specified by Axelsson and Gentili, (2014), with some modifications, and the findings were presented on a % dry basis. Ash content was measured using the gravimetric method (AOAC, 2005), based on the burning of the samples at 550°C in a furnace. Triplicates of each measurement were performed.

### Color properties

Minolta CR-400 Colorimeter (Japan) was utilized to measure the color attributes of chickpea samples, which included L\*, a\*, and b\*. For every sample, the average values of five samples were utilized. Hue, Chroma, ΔE, and BI values of the samples were calculated using the Equations given below, taking the color values of the samples before drying as a reference (Köprüalan et al., 2021). Each analysis were carried out five times.

$$\text{Chroma: } \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$\text{Hue: } \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$\Delta E: \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3)$$

$$\text{BI: } \frac{100 * \left( \frac{at + 1.75Lt}{5.645Lt - 3.012bt} \right)}{0.17} \quad (4)$$

### Bulk density and tapped density

The bulk density was calculated by dividing the mass of the powder by the volume occupied in the cylinder. For the tapped density ( $\rho_t$ ), the cylinder was tapped steadily and continuously on the surface by hand until there was no further change in volume (Köprüalan et al., 2021). Each analysis was carried out three times. Bulk and tapped density values were calculated with Equations 5 and 6.

$$\rho: M/V \quad (5)$$

$$\rho_t: M/V_t \quad (6)$$

Where; M: weight of chickpea powder, V: Volume of chickpea powder,  $V_t$ : Tapped volume of chickpea powder

### Rehydration ratio

Rehydration ratio analysis was performed according to Vega-Gálvez et al., (2015) with small modifications. Distilled water was added to the chickpea powder samples at a ratio of 20:1 (w/v), and mixing was applied with Ultra Turrax for 20 minutes at room temperature. Following that, the samples have been centrifuged for 10 minutes at 4000 rpm. After centrifugation, the upper water phase has been removed, and the rehydration ratio has been calculated as a percentage using Equation 7. Each analysis was carried out three times.

$$R = \frac{W_s}{W_i} 100 \quad (7)$$

where  $W_s$  and  $W_i$ , final (at end of the 10<sup>th</sup> min.) and first mass (g) of dried chickpea purees.

### Rheological analysis

To determine the effect of concentration on the rheological properties of dried chickpea powder purees at the most appropriate process parameters, purees were prepared by adding water at different dry matter contents (25, 26, 27.5, 30 % (w/w)). In order to obtain the homogeneous samples, they were mixed with a homogenizer (IKA Ultra Turrax T25) for 5 minutes and then kept at room condition for 15 minutes. Rheological analyses of the purees have been carried out with the TA DHR-1 (TA Instruments Inc., Moisture Cattle, DE, USA) rheometer using a 40 mm diameter parallel plate and the gap adjusted to 1 millimeter at room temperature. The shear rate and shear stress values were determined by using the device's software, and the flow behavior was shown by sketching a graph. Furthermore, using the oscillation test in puree samples, the modulus of  $G'$  and  $G''$  of purees has been evaluated at a tension of 1% and in the frequency range of 0.01 Hz (0.06 rad/s) to 10 Hz (62.8 rad/s). They were calculated using equations 8 and 9 (Dolores Alvarez et al., 2017). Based on these values, the viscoelastic properties of purees were evaluated.

$$G' = G_0' * \omega n' \quad (8)$$

$$G'' = G_0'' * \omega n'' \quad (9)$$

$G'$  and  $G''$  at 1 rad/s, respectively, frequency  $\omega$  (rad/s),  $n'$  and  $n''$  are exponential constants of the equation used to describe their effect on modulus  $\omega$ ,  $n'$  and  $n''$  are unitless.

### Statistical analysis

The SPSS 22.0 (IBM SPSS Inc., Chicago, USA) has been used to perform statistical analysis. The obtained data statistical analyses have been performed using one-way analysis of variance (ANOVA) at a 95% confidence interval, and the data variance was compared that used the Duncan Multiple Comparison Test at a significance level of 0.05.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Moisture content and $a_w$

Moisture content is important in terms of biochemical reactions and microbial activities for

the long-term storage of powder products. The  $a_w$  value is directly related to the presence of water in the decomposition reactions and affects the storage stability of dry products (Chia & Chong, 2015). Moisture content and  $a_w$  values, which have been key in ensuring the drying process's efficacy, are important in demonstrating the performance of the drying process, accordingly as well as the dryer's establishing suitability for drying of the material (Soison et al., 2014; Tonin et al., 2018). Moisture contents and  $a_w$  of chickpea puree powders dried under different drying conditions by drum drying are shown in Figure 1. Depending on drying conditions, a significant difference was found between the dried samples ( $P < 0.05$ ). Additionally, moisture content and  $a_w$  analyzed for raw chickpea and chickpea puree form before drying are also shown in Figure 1.

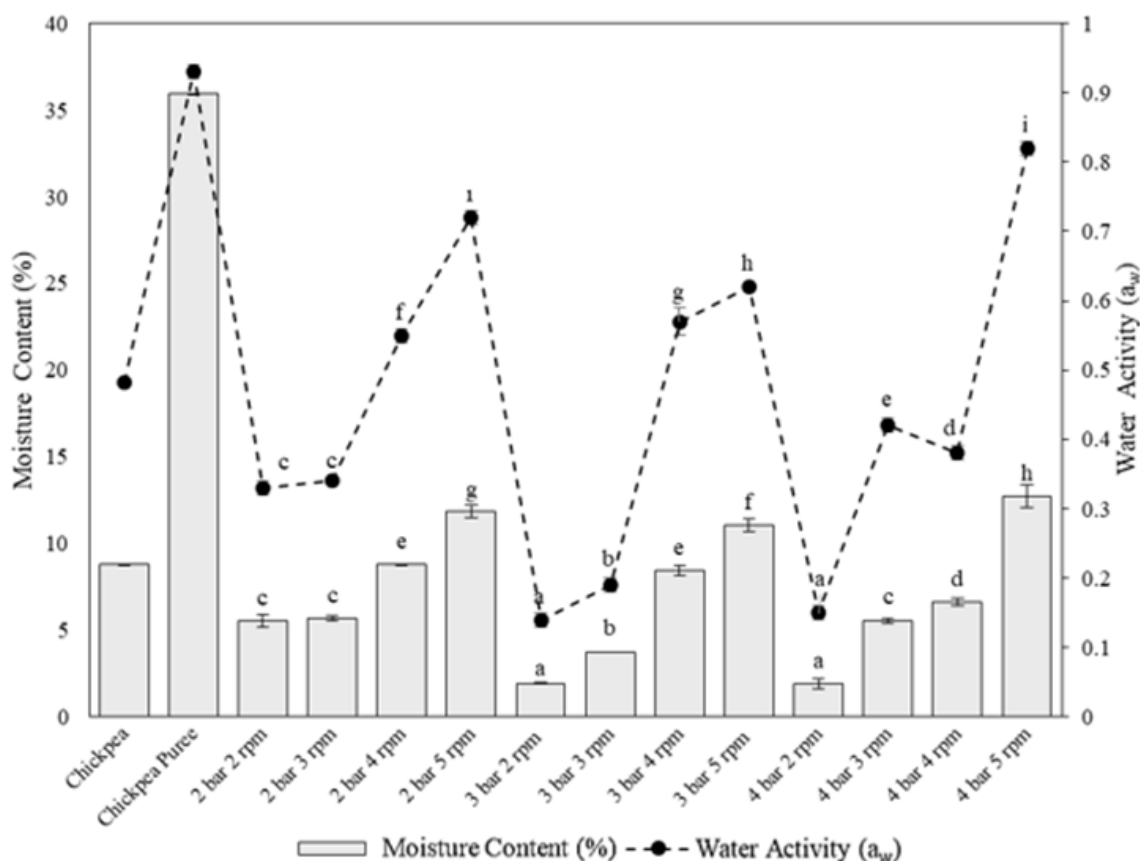


Figure 1. Moisture content and  $a_w$  of chickpea puree powder dried with different drying conditions. \* Data were expressed as mean value  $\pm$  SD ( $n = 3$ ). Different superscript lowercase in the same column indicated significant differences at  $P < 0.05$ .

The moisture content and  $a_w$  of raw chickpea samples were determined as 8.78 % and 0.483, respectively, while moisture content and  $a_w$  of puree form increased to  $35.94 \pm 0.16\%$  and 0.931, due to blanching prior to drying. After drying at different conditions, the final moisture contents of the chickpea powders were in the range of 1.93 % to 12.7 % wet bulb (wb) (Figure 1). Among the drum drying conditions, the highest moisture content and  $a_w$  values were obtained at 4 bar steam pressure and 5 rpm rotation speed and followed by all 5 rpm rotation speeds at 2 and 3 bar steam pressures. In drum drying, the contact time of the product with the heated surface has been determined by the rotational speed of the drums, and the contact time of the product with the hot surface decreases as the speed of the drums increases (Galaz et al., 2017). Therefore, the chickpeas powders' moisture content and  $a_w$  values increased as the rotation speed increased. As seen in Figure 1, the minimum moisture content and  $a_w$  values were obtained at 4 bar steam pressure with 2 rpm and 3 bar with 2 rpm drying conditions ( $P > 0.05$ ). Similar results were reported for apple puree powder (Topuz and Pazir, 2019), sweet potato flour (Soison et al.,

2014), and mango powder (Tonin et al., 2018; Germer et al., 2018) by using the drum drying method. Based on these results, it can be concluded that the increase in steam pressure and decrease in drum rotational speed resulted in a powder product with decreased moisture content and  $a_w$ . Additionally, Henríquez et al., (2014) reported that drum drying is a low-cost technology that reduces moisture content and  $a_w$ , resulting in a long preservable and high nutritional value powder product production with an investigation on drum drying apple peel by-products with a dryer.

### Chemical Properties

Chickpea is a type of legume that assists to satisfy the necessary protein requirement in a diet due to their high protein content, as well as to balance the daily calorie intake due to their low-fat content (Summo et al., 2019). Since dried chickpea puree powders can meet this requirement and will also be in ready-to-use form, their chemical composition is as important as raw chickpeas. The chemical composition of chickpea powders dried at different conditions by drum drying is given in Table 1.

Table 1. Composition of chickpea powder dried at different conditions.

| DRYING CONDITIONS    |   |                      | Protein (% db)   | Fat (% db)            | Ash (% db)            |                       |
|----------------------|---|----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Steam Pressure (bar) | 2 | Rotation Speed (rpm) | 2                | $26.62^g \pm 0.22$    | $2.44^a \pm 0.33$     | $2.09^{def} \pm 0.01$ |
|                      |   |                      | 3                | $25.97^f \pm 0.18$    | $3.46^{bc} \pm 0.08$  | $0.97^a \pm 0.17$     |
|                      |   |                      | 4                | $26.23^{fg} \pm 0.49$ | $3.11^{ab} \pm 0.18$  | $1.38^{bc} \pm 0.27$  |
|                      |   |                      | 5                | $26.06^{fg} \pm 0.35$ | $2.44^a \pm 0.43$     | $1.77^{bcd} \pm 0.03$ |
|                      | 3 | Rotation Speed (rpm) | 2                | $30.35^i \pm 0.18$    | $4.37^d \pm 0.67$     | $4.04^g \pm 0.13$     |
|                      |   |                      | 3                | $25.78^f \pm 0.08$    | $3.77^{bcd} \pm 0.15$ | $2.12^{ef} \pm 0.17$  |
|                      |   |                      | 4                | $27.36^h \pm 0.32$    | $4.02^{cd} \pm 0.51$  | $2.13^{def} \pm 0.07$ |
|                      |   |                      | 5                | $29.98^i \pm 0.29$    | $4.49^d \pm 0.18$     | $1.92^{cde} \pm 0.05$ |
|                      | 4 | Rotation Speed (rpm) | 2                | $19.38^a \pm 0.05$    | $6.59^e \pm 0.39$     | $2.47^f \pm 0.41$     |
|                      |   |                      | 3                | $21.05^b \pm 0.11$    | $6.28^e \pm 0.36$     | $1.13^a \pm 0.29$     |
|                      |   |                      | 4                | $21.79^c \pm 0.19$    | $6.28^e \pm 0.36$     | $1.50^{ab} \pm 0.09$  |
|                      |   |                      | 5                | $24.13^d \pm 0.22$    | $4.62^d \pm 0.45$     | $1.72^{bcd} \pm 0.03$ |
| RAW CHICKPEA         |   |                      | $30.05 \pm 1.24$ | $2.63 \pm 0.11$       | $6.13 \pm 0.55$       |                       |
| CHICKPEA PUREE       |   |                      | $36.06 \pm 0.79$ | $2.49 \pm 0.16$       | $1.07 \pm 0.11$       |                       |

\*Data were expressed as a dry basis and expressed as mean value  $\pm$  SD ( $n = 3$ ). Different superscript lowercase in the same column indicated significant differences at  $P < 0.05$ .

The protein content of dried chickpea powders ranged between 19.38 - 30.35 % (dry basis (db), w/w) depending on the steam pressure and rotation speed, as shown in Table 1 ( $P < 0.05$ ). During wetting and blanching, the addition of water to the structure changed the protein content of the chickpea from  $30.05 \pm 1.24$  to  $36.06 \pm 0.79$  on a dry basis when pureed. The increase in protein content after boiling has been observed by Summo et al., (2019), Avola, (2012), Wang et al., (2010). Dietary fibers in chickpea samples form a complex structure with proteins during the boiling process and prevent protein leakage into the boiling water. Since other water-soluble compounds passing into the boiling water affect the total dry matter in the puree, the protein content in dry matter increases (Summo et al., 2019). In addition, as reported in the literature, ash content loss occurs during the boiling process in this study. Ouazib et al., (2015) reported a significant decrease in ash content in kabuli chickpeas after soaking and blanching. Marconi et al., (2000) reported a 30% loss in ash content during cooking of chickpeas.

Comparing the average protein content of chickpea puree before ( $36.06 \pm 0.79$ ) and after drying, it was concluded that the protein content of puree decreased as predicted during drying. The increase in saturated steam pressure resulted in a decrease in protein content. This can be explained by the denaturing of the protein structure as a result of the product being exposed to higher temperatures for a longer period. Similar results were reported for the chickpea snack obtained with drum drying and it has been observed that the use of high-pressure saturated steam caused to various reactions such as protein denaturation, starch gelatinization, and flavor component development (Kaur and Prasad, 2021).

When the fat content results were evaluated, it was found that the amount of fat increased as the steam pressure increased. Carcea Bencini, (1986) investigated the drying of chickpeas and soybeans with a drum dryer, as well as the flours and component properties of these legumes, and found that the fat content of raw chickpeas and

soybeans was less than the fat content of the flours. Furthermore, this one has been reported that this result was produced by differences in protein content, the amount of non-polar amino acids, and changes in their sequences in polypeptide chains, especially as a result of protein denaturation. Similar behavior in fat content of chickpea puree powder during drying was seen in this study.

### Color properties

Color is one of the most visual quality attributes for dried powders that influences consumer's choice and it can be used as an indicator to evaluate the extent of quality deterioration due to thermal processing (Horuz and Maskan, 2015). Color properties of chickpea powders dried at different conditions by drum drying are given in Table 2 in terms of  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue, Chroma,  $\Delta E$  and BI values. The value of the parameter  $L^*$ , which indicates the lightness of chickpea powders varied from 74.46 to 77.54. Drying conditions had no significant effect on  $L^*$  values ( $P > 0.05$ ). Similarly, a study using dragon fruit peel showed that the  $L^*$  value increased and the Chroma values were near to those of the fresh sample, after drum drying (Chia and Chong, 2015).

The BI value provides information about the color darkening of the product. The obvious color darkening is also clearly seen from the BI values during the drying of the chickpea puree powders at 4 bar of steam pressure. Similar results were reported by Soison et al., (2014) on the color of purple-flesh sweet potato flours obtained by drum drying. As drum surface temperature increased, the  $L^*$ ,  $b^*$  and hue angle values decreased, whereas  $a^*$  values increased and as a result a darker reddish brown color of the flours have been as well as visually observed. The lowest BI values for powders were obtained at lower steam pressure (2 bar) with higher rotation speeds. Similarly, high pressure steam treatment raised the BI values of apple puree samples dried by drum drying due to the increased pressure (Topuz and Pazir, 2019).



Table 2. Color properties of chickpea powder dried under different conditions by drum drying

| DRYING CONDITIONS    |   |                      |   | L*                           | a*                         | b*                         |                           |
|----------------------|---|----------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Steam Pressure (bar) | 2 | Rotation Speed (rpm) | 2 | 74.46 <sup>a</sup> ±2.51     | -0.08 <sup>abc</sup> ±0.32 | 33.17 <sup>ab</sup> ±2.66  |                           |
|                      |   |                      | 3 | 74.52 <sup>a</sup> ±2.69     | -0.25 <sup>abc</sup> ±0.53 | 34.44 <sup>bcd</sup> ±0.88 |                           |
|                      |   |                      | 4 | 76.54 <sup>ab</sup> ±3.44    | 0.22 <sup>c</sup> ±0.55    | 34.47 <sup>bcd</sup> ±1.62 |                           |
|                      |   |                      | 5 | 76.66 <sup>ab</sup> ±1.46    | -0.17 <sup>abc</sup> ±0.59 | 36.51 <sup>d</sup> ±0.77   |                           |
|                      | 3 | Rotation Speed (rpm) | 2 | 76.33 <sup>ab</sup> ±1.27    | 0.07 <sup>bc</sup> ±0.32   | 30.98 <sup>a</sup> ±1.25   |                           |
|                      |   |                      | 3 | 76.13 <sup>ab</sup> ±0.67    | -0.47 <sup>ab</sup> ±0.42  | 34.08 <sup>bcd</sup> ±2.10 |                           |
|                      |   |                      | 4 | 77.49 <sup>ab</sup> ±0.39    | -0.64 <sup>a</sup> ±0.25   | 34.15 <sup>bcd</sup> ±2.01 |                           |
|                      |   |                      | 5 | 75.07 <sup>ab</sup> ±2.27    | -0.19 <sup>abc</sup> ±0.25 | 34.62 <sup>bcd</sup> ±1.93 |                           |
|                      | 4 | Rotation Speed (rpm) | 2 | 77.18 <sup>ab</sup> ±1.45    | -0.25 <sup>abc</sup> ±0.43 | 30.81 <sup>a</sup> ±2.11   |                           |
|                      |   |                      | 3 | 77.54 <sup>ab</sup> ±1.77    | -0.18 <sup>abc</sup> ±0.37 | 33.76 <sup>bc</sup> ±2.74  |                           |
|                      |   |                      | 4 | 77.28 <sup>ab</sup> ±0.97    | -0.52 <sup>ab</sup> ±0.13  | 35.36 <sup>bcd</sup> ±0.57 |                           |
|                      |   |                      | 5 | 76.41 <sup>ab</sup> ±1.35    | -0.27 <sup>abc</sup> ±0.69 | 36.22 <sup>cd</sup> ±1.48  |                           |
| Chickpea Puree       |   |                      |   | 70.39±0.17                   | 0.09±0.02                  | 35.98±0.11                 |                           |
| DRYING CONDITIONS    |   |                      |   | Hue                          | Chroma                     | Δe                         | BI                        |
| Steam Pressure (bar) | 2 | Rotation Speed (rpm) | 2 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.01  | 35.37 <sup>bc</sup> ±0.57  | 81.25 <sup>a</sup> ±2.64   | 54.43 <sup>bc</sup> ±3.38 |
|                      |   |                      | 3 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.17  | 34.44 <sup>b</sup> ±0.88   | 85.05 <sup>bcd</sup> ±0.97 | 54.87 <sup>bc</sup> ±5.72 |
|                      |   |                      | 4 | 180.01 <sup>c</sup> ±0.270   | 35.25 <sup>bc</sup> ±0.69  | 83.83 <sup>bcd</sup> ±0.69 | 50.58 <sup>ab</sup> ±2.17 |
|                      |   |                      | 5 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.025 | 36.51 <sup>cd</sup> ±0.77  | 85.54 <sup>d</sup> ±1.41   | 48.99 <sup>a</sup> ±4.06  |
|                      | 3 | Rotation Speed (rpm) | 2 | 180.01 <sup>bc</sup> ±0.14   | 31.18 <sup>a</sup> ±0.95   | 82.78 <sup>abc</sup> ±1.38 | 59.28 <sup>cd</sup> ±4.90 |
|                      |   |                      | 3 | 179.98 <sup>ab</sup> ±0.18   | 34.88 <sup>b</sup> ±0.68   | 82.85 <sup>abc</sup> ±1.62 | 57.39 <sup>cd</sup> ±5.09 |
|                      |   |                      | 4 | 179.98 <sup>a</sup> ±0.07    | 35.15 <sup>b</sup> ±0.99   | 85.51 <sup>d</sup> ±1.46   | 56.74 <sup>cd</sup> ±4.15 |
|                      |   |                      | 5 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.05  | 34.62 <sup>b</sup> ±1.93   | 82.82 <sup>abc</sup> ±2.19 | 55.01 <sup>bc</sup> ±4.32 |
|                      | 4 | Rotation Speed (rpm) | 2 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.01  | 31.01 <sup>a</sup> ±0.77   | 83.59 <sup>bcd</sup> ±1.23 | 61.02 <sup>d</sup> ±2.04  |
|                      |   |                      | 3 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.01  | 35.16 <sup>b</sup> ±0.93   | 82.50 <sup>ab</sup> ±0.33  | 61.39 <sup>d</sup> ±5.42  |
|                      |   |                      | 4 | 179.99 <sup>ab</sup> ±0.01   | 35.37 <sup>bc</sup> ±0.57  | 85.02 <sup>cd</sup> ±0.81  | 60.34 <sup>cd</sup> ±4.43 |
|                      |   |                      | 5 | 179.99 <sup>abc</sup> ±0.02  | 36.82 <sup>d</sup> ±0.76   | 84.19 <sup>bcd</sup> ±0.79 | 60.83 <sup>cd</sup> ±3.74 |
| Chickpea Puree       |   |                      |   | 180.01±0.14                  | 30.08±0.02                 | -                          | -                         |

\* Data were expressed as mean value ± SD (n = 5). Different superscript lowercase in the same column indicated significant differences at  $P < 0.05$ .

**Bulk density, tapped density and rehydration ratio**

Two important criteria in establishing the particle features of powder products are bulk density and tapped density. Bulk density is an important quality criterion for the storage of dried products. The bulk density, tapped density and rehydration ratio of chickpea powders dried at different drying conditions are shown in Table 3.

The shape and size of the particles have a great influence on the bulk density of powder products. It is possible that the bulk densities of two

different products, coarse and small particulates, with the same weight and characteristics, differ. Furthermore, particle size seems to have a similar effect on tapped density; as particle size decreases, tapped density increases, and as particle size increases, tapped density falls (Altay, 2020). At 2 bar and 2 rpm drying conditions, the highest bulk density and tapped density values were found ( $P < 0.05$ ). The high values of bulk density and tapped density indicate that agglomeration occurs in the samples and that the particle structure is poor. All of the chickpea puree powders dried under different process conditions have shown

no obvious agglomeration or particle differences. When the bulk density and tapped density results have been evaluated, as seen in Table 3, it is clear that the chickpea puree powders produced under

different processing conditions have no evident agglomeration because of the similar particle forms.

Table 3. Bulk density, tapped density, and rehydration ratio of chickpea powders dried under different drying conditions.

| DRYING CONDITIONS    |   |                      | Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> ) | Tapped Density (kg/m <sup>3</sup> ) | Rehydration Ratio (%)        |                         |
|----------------------|---|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Steam Pressure (bar) | 2 | Rotation Speed (rpm) | 2                                 | 291.47 <sup>de</sup> ±0.05          | 421.17 <sup>bcd</sup> ±0.02  | 449 <sup>c</sup> ±0.05  |
|                      |   |                      | 3                                 | 290.90 <sup>de</sup> ±0.03          | 404.71 <sup>ab</sup> ±0.02   | 449 <sup>bc</sup> ±0.05 |
|                      |   |                      | 4                                 | 267.04 <sup>bcd</sup> ±0.01         | 330.22 <sup>a</sup> ±0.01    | 442 <sup>ab</sup> ±0.02 |
|                      |   |                      | 5                                 | 245.23 <sup>abcd</sup> ±0.01        | 367.85 <sup>ab</sup> ±0.02   | 441 <sup>ab</sup> ±0.01 |
|                      | 3 | Rotation Speed (rpm) | 2                                 | 288.63 <sup>de</sup> ±0.01          | 355.88 <sup>abcd</sup> ±0.01 | 515 <sup>e</sup> ±0.01  |
|                      |   |                      | 3                                 | 214.83 <sup>a</sup> ±0.06           | 355.55 <sup>abcd</sup> ±0.02 | 393 <sup>ab</sup> ±0.03 |
|                      |   |                      | 4                                 | 273.33 <sup>cde</sup> ±0.03         | 351.37 <sup>abcd</sup> ±0.01 | 386 <sup>a</sup> ±0.03  |
|                      |   |                      | 5                                 | 227.50 <sup>abc</sup> ±0.01         | 313.80 <sup>ab</sup> ±0.01   | 372 <sup>a</sup> ±0.01  |
|                      | 4 | Rotation Speed (rpm) | 2                                 | 311.93 <sup>e</sup> ±0.05           | 378.05 <sup>d</sup> ±0.05    | 435 <sup>cd</sup> ±0.03 |
|                      |   |                      | 3                                 | 251.07 <sup>abcd</sup> ±0.05        | 316.47 <sup>cd</sup> ±0.02   | 419 <sup>cd</sup> ±0.02 |
|                      |   |                      | 4                                 | 247.71 <sup>abcd</sup> ±0.02        | 286.94 <sup>abc</sup> ±0.02  | 393 <sup>c</sup> ±0.01  |
|                      |   |                      | 5                                 | 218.85 <sup>ab</sup> ±0.01          | 308.33 <sup>abcd</sup> ±0.01 | 392 <sup>c</sup> ±0.01  |

\* Data were expressed as mean value ± SD (n = 3). Different superscript lowercase in the same column indicated significant differences at P < 0.05.

Low bulk density is desirable in dried products because it indicates that the rehydration ratio of the food may increase due to volume expansion caused to a more porous structure. Furthermore, the internal structure of the product's particle size may have a significant influence on the rehydration ratio, bulk density, and tapped density (Elmas et al., 2021). The rehydration ratio is an indicator of how much the dried powder product can be converted into its previous form when water is added into its structure. Therefore, this ratio is required to be high as much as possible, in products that are converted into puree form and ready for consumption, and it is greatly affected by the drying process conditions. When the rehydration ratio values of the chickpea puree powders dried under different drying conditions are compared, it is seen that the samples dried at 3 bar steam pressure and 2 rpm rotation speed had the highest rehydration ratio (P < 0.05). In addition, increasing the drum speed for each pressure resulted in a decrease in the rehydration ratio and in an inability to dry due to a decrease in contact time (P < 0.05). The higher bulk density of the powder dried at 3 bar, 2 rpm condition can be

attributed to low rotation speeds in drum dryers, which causes the product to have more contact time with the hot surface, thus drying more effectively. Narayana and Narasinga Rao, (1982) reported similar results for mashed bean drying in a double drum dryer, establishing bean flours produced at low drum velocity had a higher rehydration ratio.

### Rheological properties

The shear stress of chickpea puree increased as the dry matter content increased, and when the shear stresses were investigated at the initial shear rate (0.1 s<sup>-1</sup>), the chickpea puree had the lowest shear stress at 25% DM content. The increase in dry matter concentration from 25% to 30% in chickpea puree induced an increase in yield stress at all concentrations. Similar to our study, shear stress increased as the shear rate increased in a study on quince puree in the shear rate range of 0-300 s<sup>-1</sup> (Dolores Alvarez et al., 2017). Shear stress versus shear rate for chickpea purees having different dry matter contents are shown in Figure 2.

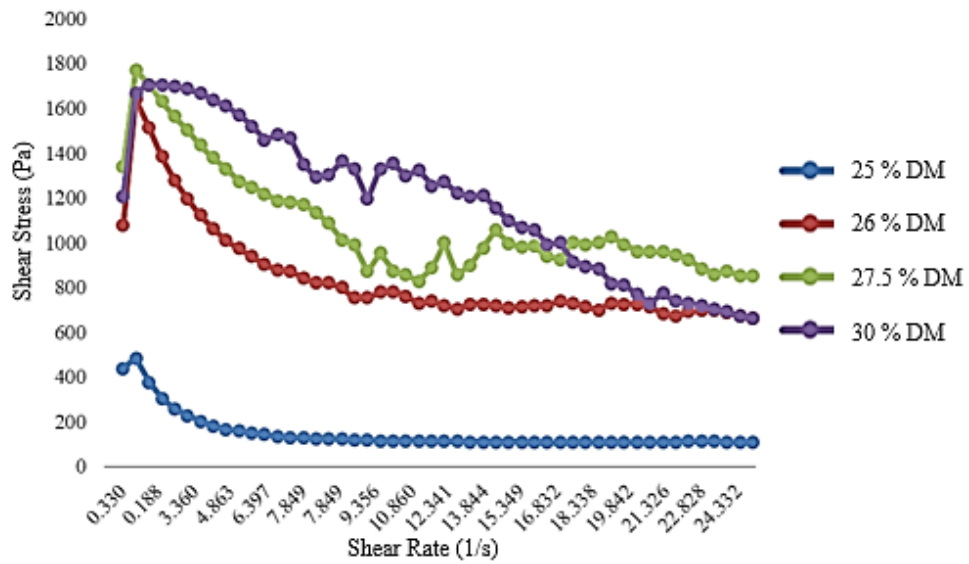


Figure 2. Shear stress versus shear rate in purees with different dry matter contents (25, 26, 27.5, 30 %)

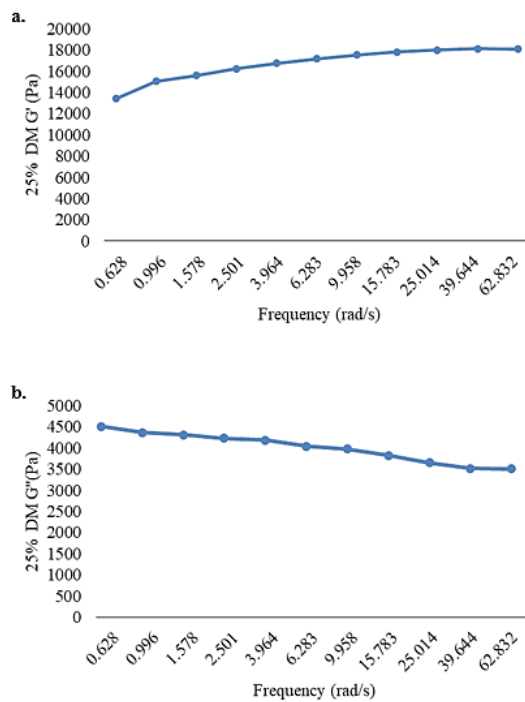


Figure 3. Viscoelastic properties of chickpea powder purees with 25% dry matter content: a)  $G'$  and b)  $G''$

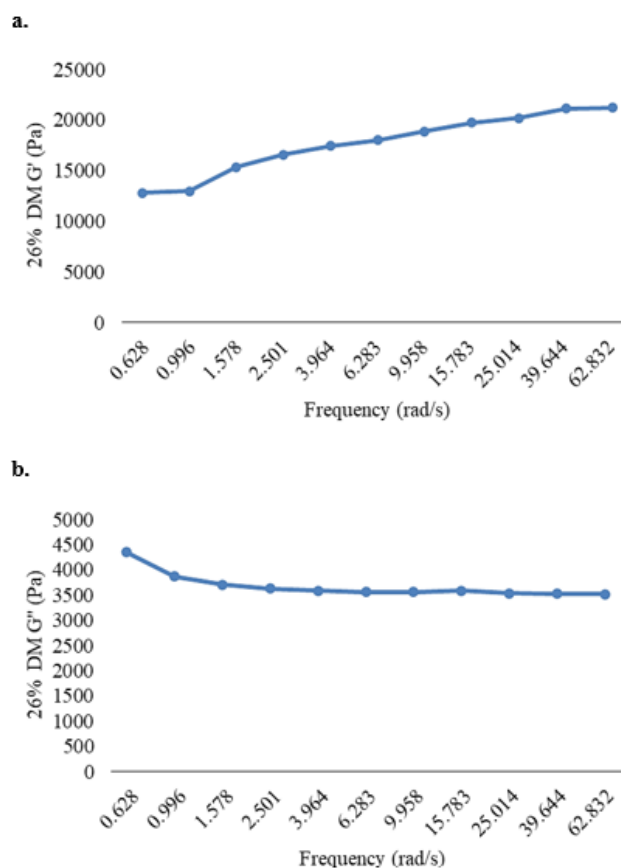


Figure 4. Viscoelastic properties of chickpea powder purees with 26% dry matter content: **a)**  $G'$  and **b)**  $G''$

The shear rate-shear stress graphs of chickpea purees, which were varied with dry matter content showed oscillations starting at different shear rate levels (Figure 2). This can be attributed that the rehydrated puree produced from the powder product does not have a constant consistency, causing wall slippage in the parallel plates with flat surfaces utilized in the analysis (Wu and McClements, 2015). Similar studies have revealed that in rheological tests of hydrocolloidal and suspended foods, such food samples can be preferred to slide using smooth geometry (Buscall, 2010). In the rheological analysis of various food suspensions and dispersions such as chickpea puree (tomato puree, quince puree, ketchup, chickpea flour paste) to prevent wall slipping; pre-treatments such as using geometries with rough surfaces (Valencia et al., 2003), homogenizing particle size, using guar gum,

xanthan gum and emulsifier additives (Bildir et al., 2018) were applied. After interpreting the shear rate versus shear stress graph by drawing, oscillation tests were also performed on chickpea purees prepared with the same dry matter content using dried chickpea puree powders, and the viscoelastic properties of the purees were determined.

The oscillation test was used to determine the modulus of  $G'$  of chickpea purees with 25% and 26% dry matter contents at a 1% tension and frequency scanning from 0.01 Hz (0.06 rad/s) to 10 Hz (62.8 rad/s) values that increase depending on the frequency while the  $G''$  values were decreased depending on the frequency. Because of that, the firmness character of chickpea purees increases during the oscillation test and the consistency decreases. The slope value of the

modulus of elasticity graph of the puree with 25% DM (Figure 3) content is higher than that of the puree with 26% DM content (Figure 4) as expected, parallel to the increase in stiffness. It means that the resistance to flow is higher at 26% DM content. Oscillation tests in chickpea purees, due to the increased dry matter content, were easily deformed and they have a very high rigidity character. Therefore, the modulus of  $G'$  and  $G''$  have been not detected.

## CONCLUSION

Drum drying has been studied as an efficient drying technique to obtain chickpea puree and the effects of drum dryer parameters such as steam pressure and rotation speed of the drums on various physical, chemical, and rheological properties of chickpea puree powder were investigated. In order to determine the most appropriate process parameters, the maximum protein content, maximum rehydration ratio, and as low as possible BI value were targeted and the suitable conditions were determined as 3 bar steam pressure and 2 rpm rotation speed. According to the rheological analysis, when the shear stresses were investigated at 25% DM content and the initial shear rate ( $0.1 \text{ s}^{-1}$ ), the chickpea puree had the lowest shear stress, and the shear stress against the shear rate showed a smooth reduction. In addition, regarding elasticity, it has been found that the  $G'$  of chickpea purees with a dry matter content of 25% and 26% DM was higher than the  $G''$ , and the rigidity character was higher. Viscoelastic properties showed that when chickpea puree powder is returned to the puree form, it has the desired rheological properties, considering the most appropriate drying conditions. Therefore, the drum drying method is suitable for the production of chickpea puree powder for ready-to-eat consumption with high nutritional value and high quality.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflict of interest with any person or organisation related to the article.

## AUTHOR CONTRIBUTION

Esin Selçuk: Conceptualization, Methodology, Visualization, Validation, Investigation, Writing – review & editing. Özgül ALTAY: Conceptualization, Methodology, Visualization, Validation, Investigation, Writing – review & editing. Rabia AKÇAY SALIK: Conceptualization, Methodology, Visualization, Validation, Investigation, Writing – review & editing. Özgün KÖPRÜALAN AYDIN: Conceptualization, Methodology, Visualization, Validation, Investigation, Writing – review & editing. Figen KAYMAK-ERTEKİN: Investigation, Writing – review & editing, Supervision

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Ege University Scientific Research Projects (project number FLP-2021-22662). We would like to thank Zehra Adalet Devrim and Bilgehan Feyza Özdemir for their kind assistance.

## REFERENCES

- [AOAC]. Association of Official Analytical Chemistry International. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC international. *Aoac, February*.
- Altay, Ö. (2020). *Akışkan yatak kaplama teknolojisi ile kontrollü salınma sahip kuru ekmekek mayası üretimi ve optimum koşullarda kaplanmış mayanın model gıda olarak ekmekek üretiminde test edilmesi* Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İzmir.
- Avola, G., Patanè, C., Barbagallo, R. N. (2012). Effect of water cooking on proximate composition of grain in three Sicilian chickpeas (*Cicer arietinum L.*). *Lwt*, 49(2), 217–220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.004>
- Axelsson, M., Gentili, F. (2014). A single-step method for rapid extraction of total lipids from green microalgae. *PLoS ONE*, 9(2), 17–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089643>
- Baysan, U., Koç, M., Güngör, A., Ertekin, F. K. (2022). Investigation of drying conditions to valorize 2-phase olive pomace in further processing. *Drying Technology*, 40(1), 65–76.

- <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1770279>
- Baysan, U., Koç, M., Güngör, A., Kaymak Ertekin, F. (2021). Pre-drying of 2-Phase Olive Pomace by Drum Dryer to Improve Processability. *Waste and Biomass Valorization*, 12(5), 2495–2506. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01202-2>
- Bildir, B., Demircan, H., Oral, R. A. (2018). Sıcaklık ve Farklı Kıvam Verici Maddelerin Ketçabın Reolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. *European Journal of Science and Technology*, 14, 157–163. <https://doi.org/10.31590/ejosat.450363>
- Buscall, R. (2010). Letter to the Editor: Wall slip in dispersion rheometry. *Journal of Rheology*, 54(6), 1177–1183. <https://doi.org/10.1122/1.3495981>
- Carcea Bencini, M. (1986). Functional Properties of Drum-Dried Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flours. *Journal of Food Science*, 51(6), 1518–1526.
- Chia, S. L., Chong, G. H. (2015). Effect of Drum Drying on Physico-chemical Characteristics of Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*). *International Journal of Food Engineering*, 11(2), 285–293. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0198>
- Dolores Alvarez, M., Herranz, B., Campos, G., Canet, W. (2017). Ready-to-eat chickpea flour purée or cream processed by hydrostatic high pressure with final microwave heating. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.011>
- Elmas, F., Bodruk, A., Köprüalan, Ö., Arıkaya, Ş., Koca, N., Serdaroğlu, F. M., Kaymak-Ertekin, F., Koç, M. (2021). The effect of pre-drying methods on physicochemical, textural and sensory characteristics on puff dried Turkey breast meat. *Lwt*, 145(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111350>
- Galaz, P., Valdenegro, M., Ramírez, C., Nuñez, H., Almonacid, S., Simpson, R. (2017). Effect of drum drying temperature on drying kinetic and polyphenol contents in pomegranate peel. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 208). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.002>
- Germer, S. P. M., Tonin, I. P., de Aguirre, J. M., Alvim, I. D., Ferrari, C. C. (2018). Influence of process variables on the drum drying of mango pulp. *Drying Technology*, 36(12), 1488–1500. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1410707>
- Henríquez, C., Córdova, A., Almonacid, S., Saavedra, J. (2014). Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products. *Journal of Food Engineering*, 143, 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.037>
- Horuz, E., Maskan, M. (2015). Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 285–293. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1032-9>
- Jangam, S. V. (2011). An overview of recent developments and some R&D challenges related to drying of foods. *Drying Technology*, 29(12), 1343–1357. <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.594378>
- Kaur, R., Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 109, 448–463. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.044>
- Kaveh, M., Abbaspour-Gilandeh, Y., Chen, G. (2020). Drying kinetic, quality, energy and exergy performance of hot air-rotary drum drying of green peas using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Food and Bioproducts Processing*, 124, 168–183. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.08.011>
- Köprüalan, Ö., Altay, Ö., Bodruk, A., Kaymak-Ertekin, F. (2021). Effect of hybrid drying method on physical, textural and antioxidant properties of pumpkin chips. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 2995–3004. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00866-1>
- Köprüalan, Ö., İltar, I., Akyıl, S., Koç, M., Kaymak Ertekin, F. (2021). Improving the stability of oily turmeric extract by microencapsulation using spray drying technique. *Journal of Dispersion Science and Technology*, May. <https://doi.org/10.1080/01932691.2021.1929290>

- Malunga, L. N., Bar-El, S. D., Zinal, E., Berkovich, Z., Abbo, S., Reifen, R. (2014). The potential use of chickpeas in development of infant follow-on formula. *Nutrition Journal*, 13(1), 1–6.
- Marconi, E., Ruggeri, S., Cappelloni, M., Leonardi, D., Carnovale, E. (2000). Physicochemical, nutritional, and microstructural characteristic of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 5986–5994. <https://doi.org/10.1021/jf0008083>
- Milán-Noris, A. K., Gutierrez-Urbe, J. A., Serna-Saldivar, S. O. (2023). Influence of soaking and boiling on flavonoids and saponins of nine desi chickpea cultivars with potential antiproliferative effects. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01861-4>
- Mustafa, R., He, Y., Shim, Y. Y., Reaney, M. J. T. (2018). Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 2247–2255. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13813>
- Narayana, K., Narasinga Rao, M. S. (1982). Functional Properties of Raw and Heat Processed Winged Bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) Flour. *Journal of Food Science*, 47(5), 1534–1538. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb04976.x>
- Ouazib, M., Moussou, N., Oomah, B., Zaidi, F., Wanasundara, J. (2015). Effect of processing and germination on nutritional parameters and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from Algeria. *Journal of Food Legumes*, 28(2), 35–42.
- Pekşen, E., Artık, C. (2005). Antibesinsel Maddeler ve Yemeklik Baklagillerin Besleyici Değerleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 110–120.
- Qiu, J., Boom, R. M., Schutyser, M. A. I. (2019). Agitated thin-film drying of foods. *Drying Technology*, 37(6), 735–744. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1458037>
- Ruttarattanamongkol, K., Chittrakorn, S., Weerawatanakorn, M., Dangpium, N. (2016). Effect of drying conditions on properties, pigments and antioxidant activity retentions of pretreated orange and purple-fleshed sweet potato flours. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 1811–1822. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2086-7>
- Segev, A., Badani, H., Galili, L., Hovav, R., Kapulnik, Y., Shomer, I., Galili, S. (2011). Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as Affected by Soaking and Cooking Conditions. *Food and Nutrition Sciences*, 02(07), 724–730. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.27099>
- Soison, B., Jangchud, K., Jangchud, A., Harnsilawat, T., Piyachomkwan, K., Charunuch, C., Prinyawiwatkul, W. (2014). Physico-functional and antioxidant properties of purple-flesh sweet potato flours as affected by extrusion and drum-drying treatments. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(9), 2067–2075. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12515>
- Summo, C., De Angelis, D., Rochette, I., Mouquet-Rivier, C., Pasqualone, A. (2019). Influence of the preparation process on the chemical composition and nutritional value of canned purée of kabuli and Apulian black chickpeas. *Heliyon*, 5(3), e01361. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01361>
- Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 67(1–2), 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062>
- Tonin, I. P., Ferrari, C. C., da Silva, M. G., de Oliveira, K. L., Berto, M. I., da Silva, V. M., Germer, S. P. M. (2018). Performance of different process additives on the properties of mango powder obtained by drum drying. *Drying Technology*, 36(3), 355–365. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1334000>
- Topuz, F. C., Pazir, F. (2019). Characterization, optimization, physicochemical properties, and bioactive components of drum-dried apple puree. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(1), 109–119.

Valencia, C., Sánchez, M. C., Ciruelos, A., Latorre, A., Madieto, J. M., Gallegos, C. (2003). Non-linear viscoelasticity modeling of tomato paste products. *Food Research International*, 36(9–10), 911–919. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00100-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00100-5)

Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., Lemus-Mondaca, R., Martínez-Monzó, J., Quispe-Fuentes, I., Puente, L., Di Scala, K. (2015). Influence of drying temperature on dietary fibre, rehydration properties, texture and microstructure of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2304–2311. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1235-0>

Wang, N., Hatcher, D. W., Tyler, R. T., Toews, R., Gawalko, E. J. (2010). Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2), 589–594. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.012>

Wu, B. cheng, McClements, D. J. (2015). Design of reduced-fat food emulsions: Manipulating microstructure and rheology through controlled aggregation of colloidal particles and biopolymers. *Food Research International*, 76, 777–786. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.034>





## ETLİK PİLİÇ GÖĞÜS ETİNİN MARİNE EDİLMESİNDE BAZI ANTIOKSİDAN İÇEREN MARİNATLARIN KULLANIMI

**Gülsüme Bıçakcı\*, Damla Nur Türker, Elif Ertaş**

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

Geliş/Received: 03.02.2023; Kabul /Accepted: 06.07.2023; Online baskı /Published online: 11.08.2023

Bıçakcı, G., Türker, D. N., Ertaş, E. (2023). Etlik piliç göğüs etinin marine edilmesinde bazı antioksidan içeren marinatların kullanımı. GIDA (2023) 48 (4) 861-871 doi: 10.15237/ gida.GD23022

*Bıçakcı, G., Türker, D. N., Ertaş, E. (2023). Use of some antioxidant-containing marinades in marinating broiler breast meat. GIDA (2023) 48 (4) 861-871 doi: 10.15237/ gida.GD23022*

### ÖZ

Meyve-sebzelerde bulunan antioksidanlar, hastalık riskini azaltma ve lipid oksidasyonunu azaltarak gıda ürünlerinin raf ömrünü artırma potansiyeline sahiptir. Bu amaçla nar ekşisi, şalgam suyu, karadut suyu, elma özü, karadut özü marinat olarak kullanılarak etlik piliç göğüs etlerinin kalite ve biyoaktif özellikleri üzerine etkisi vakum ambalajlı donmuş depolama sırasında incelenmiştir. Marinasyon işlemi sonrası örnekler 175°C'de 15 dakika pişirilmiştir. Tüm işlemlerin sonunda marinatlarla muamelenin toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite değeri kontrol grubuna kıyasla yüksek bulunmuştur. Marinat absorpsiyonu en yüksek karadut suyu, pişirme kaybı ve çözünme kaybı en yüksek şalgam suyu ile gözlemlenmiştir. Genel olarak kullanılan marinatlar tavuk göğüs etinin fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivite kapasitesini arttırmış ve pişirme sonrasında tavuk göğüs etlerine parlaklık kazandırmış ve ürün çeşitliliği sağlamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Etlik piliç göğüs eti, marinasyon, antioksidan aktivite, lipid oksidasyonu

## USE OF SOME ANTIOXIDANT-CONTAINING MARINADES IN MARINATING BROILER BREAST MEAT

### ABSTRACT

Antioxidants found in fruits and vegetables have potential to reduce risk of disease and increase shelf life of foods by reducing lipid oxidation. For this purpose, the effects of pomegranate syrup, turnip juice, black mulberry juice, apple extract, and black mulberry extract on quality and bioactive characteristics of broiler breast meat were investigated during frozen storage in vacuum packaging. After the marination process, the samples were cooked at 175°C for 15 minutes. The total phenolic content and antioxidant activity value of the treatment with marinades were found to be higher than the control group after all processing. The highest absorption of marinade was observed with black mulberry juice, the highest cooking loss and dissolution loss were observed with turnip juice. Generally used marinades increased phenolic content and antioxidant capacity of chicken breast meat and provided shine and product diversity to chicken breast meat after cooking.

**Keywords:** Broiler breast meat, marination, antioxidant activity, lipid oxidation

\* Yazışmadan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: gulsumeozis@ibu.edu.tr

☎: (+90) 374 254 1000-5837

☎: (+90) 374 253 4346

Gülsüme Bıçakcı; ORCID no: 0000-0002-4901-9787

Damla Nur Türker; ORCID no: 0000-0002-3735-6938

Elif Ertaş; ORCID no: 0000-0003-4473-0665

## GİRİŞ

Sağlıklı olmak ve beslenme alışkanlıkları arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır ve insanlar daha sağlıklı olabilmek için günlük diyetlerini farklı unsurlardan oluşturmaktadırlar. Bundan dolayı tüketiciler tarafından sağlıklı yiyecekler tercih edilmekte ve bunun yanında gıda kaynağının ekonomik olarak uygunluğu da önemlidir (Gök ve Bor, 2016). Tavuk eti ekonomik açıdan kolay temin edilebilmesi ve protein içeriği yüksek sağlıklı gıda kaynağı olmasından dolayı domuz etinden sonra toplam dünya et tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Erge vd., 2018). Küresel bağlamda ticari olarak üretilen en ucuz et olan tavuğun yıllar geçtikçe tüketimi artmaktadır (Yıldırım ve Çiçek, 2021). Beyaz et olan tavuk eti, sağlık açısından, daha az yağ ve kolesterol içeriğinden, kolay hazırlanması bakımından ve dini açıdan sakıncasının daha az olmasından dolayı kırmızı etten daha çok tercih edilmektedir (Akyüz vd., 2020). Hızlı gelişim gösteren ticari et tavukçuluğu, dünya nüfusu için gerekli miktarda tavuk eti üretiminde önemli rol oynamaktadır (Jayasena vd., 2013). Tavuk ürünlerinde tüketici tercihleri zaman içerisinde değişim göstermektedir. Son zamanlarda tüketiciler kümes hayvanlarını bütün karkas olarak satın almak yerine kemiksiz ve derisiz göğüs eti almayı daha çok tercih etmektedir. Taze tavuk göğsü filetosu tercih eden tüketiciler uzun süreli raf ömrü sağlamak ve gerektiğinde sunuma hazırlayabilmek için dondurucuda depolamaktadır (Sanchez-Peña ve Alvarado, 2013).

Türkiye’de tavuk eti tüketimi üretiminden daha az olmasından dolayı tavuk eti tüketimi artırmak amaçlı tavuk eti ürünlerinin tüketicinin tercih etmesine yönelik farklı marinasyon çeşitleriyle geliştirilmesi önem arz etmektedir (Kavuşan vd., 2021). Marinasyon, etin aromasını, lezzetini, sululuğunu ve yumuşaklığını arttırabileceği gibi etin görünümünü, kalitesini, verimini ve raf ömrünü iyileştirebilme amaçlı tavuk eti tüketimini artırmak için en uygun ve popüler yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Rupasinghe vd., 2022). Marinasyon, etin farklı konsantrasyonlarda tuz, baharat, organik asit, zeytinyağı ve şifalı bitkiler vb. içeren çeşitli marine sıvılarında pişirmeden önce belirli bir süre bekletme işlemidir

(Erge ve Eren, 2021). Marinasyon, etin görünümünü, kalitesini, verimini ve raf ömrünü uzatmaktadır. Aynı zamanda su tutma kapasitesini de artırarak etin sululuğu ve gevrekliğinde artış sağladığı bilinmektedir. Marinasyon işleminin etkisi, marine çeşidi, yöntemi, bekletme süresi ve sıcaklığı gibi çeşitli faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla, marine edilmiş ürünlerin kalitesi, bu faktörlerden etkilenebilmektedir (Gamage vd., 2017). Antioksidanlar, bir substrata oksidasyonu tamamıyla önleyen veya geciktiren maddelerdir. Meyve ve sebzelerde bulunan antioksidanlar, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kanser gibi kronik hastalıkların oluşma riskini azaltmada ve tüketicilerin sağlığını korumada yardımcı olur (Bor, 2011). Meyve, sebze, bitki ve baharatlardan elde edilebilen doğal antioksidanlar, öz olarak ya da doğrudan katkı şeklinde, lipid oksidasyonunu azaltarak et ve et ürünlerinin raf ömrünü artırmak amaçlı kullanılmaktadır (Rupasinghe vd., 2022). Son yıllarda, antioksidanlar ile sağlık arasındaki ilişki ve antioksidanların gıda kalitesi üzerindeki etkileri hakkında araştırmalar önem kazanmıştır (Gök ve Bor, 2016; Rupasinghe vd., 2022; Ünal vd., 2022).

Bu çalışmada, antioksidan kapasitesi yüksek ve içeriği doğal olan karadut özü, %100 karadut suyu, şalgam suyu, %100 nar ekşisi ve elma özü gibi toplam fenolik ve antioksidan aktivitesi yüksek fonksiyonel marinatların tavuk göğüs etinin fizikokimyasal özellikleri (antioksidan aktivitesi, toplam fenolik içeriği, pişirme kaybı, 2-tiyobarbütirik asit (TBA), pH değeri ve renk ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) değerleri tayini) üzerindeki etkilerini marinasyon sonrası, pişirme sonrası ve vakum paketlenme yapılarak  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de 1 ay muhafaza edildikten sonra depolama sonrası özellikleri araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Araştırmada kullanılan etlik piliç (Brolier) göğüs eti Erpiliç A. Ş. (Bolu, Türkiye) firmasından kuşbaşı halinde temin edilmiş olup  $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki soğuk zincir muhafazası korunarak Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Et ve Et Ürünleri Teknolojisi Araştırma Laboratuvarına

getirilmiştir. Kuşbaşı tavuk etlerinin marinasyonunda şeker ilavesiz karadut özü (Ancora Life, Türkiye), şeker ilavesiz elma özü (Ancora Life, Türkiye), %100 nar ekşisi (Kemal Kükrer ve Kühne, Türkiye), %100 organik karadut suyu (Elite Organic, Türkiye) ve acısız, şekersiz şalgam suyu (Doğanay, Türkiye) zincir marketlerden tedarik edilmiştir.

### Marinasyon

Marinatlar (karadut özü, %100 karadut suyu, şalgam suyu, %100 nar ekşisi ve elma özü) ayrı ayrı hazırlanmış ve gıdaya uygun plastik poşetlere 250 g konmuş kuşbaşı tavuk etlerinin üzerine 1:1 oranında doldurulmuştur. Marinatların tavuk etlerine nüfuz etmesini sağlamak amacıyla 30 dakika boyunca karıştırılmış ve daha sonra 24 saat +4°C'de tutulmuştur. Kontrol olarak çiğ tavuk göğüsü kullanılmıştır.

Marinasyon işlemi tamamlanan göğüs etleri oda sıcaklığında süzölmüş ve tartılmıştır (Erge vd., 2018). Örnekler marinasyon sonrası analizler (antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik, marinasyon absorpsiyonu, TBA, pH ve renk ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ )), pişirme işlemi ve depolama işlemi olmak üzere üçe bölünmüştür. Depolama işlemi vakum paketlenme yapılarak 30 gün boyunca -18°C'de gerçekleştirilmiştir. Vakum uygulaması için 100 µm kalınlığında polietilen (PE)/ poliamid (PA)/ polietilen (PE) poşetler (Apack Ambalaj Makine Sanayi ve Tic. Ltd. Şti, İstanbul) kullanılmış ve Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Lipovak (Türkiye) marka vakum ambalajlama cihazından yararlanılmıştır. Dondurma işlemindeki esas amaç antioksidatif maddelerdeki değişimin gözlemlenmesidir. Tavuk etleri +4°C'de gece boyunca çözündürülüp bu örneklerde fizikokimyasal (antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik, çözünme kaybı, TBA, pH değeri ve renk ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ )) analizler yapılmıştır.

Marine edilen örnekler 175 °C'de 15 dakika, önceden ısıtılmış konveksiyonlu fırında pişirme kâğıdı serili tepsilere konularak pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonrası örnekler soğuduktan sonra antioksidan aktivitesi, toplam fenolik içeriği,

pişirme kaybı, TBA, pH ve renk ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) analizleri yapılmıştır.

### Analizler

#### *Ağırlık Kaybı*

Marinat absorpsiyonu, pişirme kaybı ve çözünme kaybı oranları örneklerin işlem öncesi ve sonrası ağırlık kaybı esasına dayanarak hesaplanmıştır (Jarvis vd., 2012).

#### *pH Değeri*

10 g tavuk örneği üzerine 100 mL saf su ilave edilip homojenizatörde (Waring Commercial Blender, ABD) iyice parçalandıktan sonra uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiş pH metre (Schott Instruments Lab 860, Almanya) ile 0.01 hassasiyetinde pH değeri belirlenmiştir (Gökalp vd., 2010)

#### *2-tiyobartütirik asit (TBA) Değeri*

10 gr örnek tartılıp, 80°C'deki 50 ml saf sıcak su ile tamamlanıp Ultraturax'da (IKA T18 digital ultraturax, Almanya) homojenize edildikten sonra Kjeldahl tüplerine aktarılmıştır. Üzerine 80°C'deki 47.5 ml saf sıcak su ve 2.5 ml HCl çözeltisi (1:2 %37'lik konsantre HCl: saf H<sub>2</sub>O) ilave edilmiştir. Distilasyon ünitesine (Velp Scientifica UDK 139 Semi-Automatic Distillation Units, İtalya) konulmuştur. Elde edilen distillattan 5 ml tüplere paralelli olarak aktarılıp üzerine 5 ml TBA rejanı eklenmiştir. Kaynar suyun içinde 50 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda oda sıcaklığına soğutulup spektrofotometre (UV-1700 Pharmaspec Shimadzu, Japonya) cihazında 538 nm dalga boyunda absorpsiyon değerleri ölçülmüştür. Absorpsiyon değerleri 7.8 faktörü ile çarpılarak TBA değerleri mg malonaldehit/kg örnek cinsinden hesaplanmıştır (Gökalp vd., 2010).

#### *Antioksidan Aktivite Tayini*

Ekstraksiyon işlemi için örneklerden 3 g alınarak 25 mL saf metanolla 2 dakika homojenize edilmiş, daha sonra bir gece +4 °C bekletilmiştir. Daha sonra santrifüjde (Hettich Zentrifugen Rotanta 460R, Almanya) 10000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilip üstteki faz toplanarak 25 mL'lik balon jode metanol ile tamamlanmış ve analiz anına kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

Örnek ekstraktından 1 ml alınıp üzerine 1.5 ml 0.05 mM DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) eklenip vortekslenildikten (Isolab, Almanya) sonra 0.5 ml metanol ilave edilmiştir. Spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda metanole karşı sıfırlanıp okunmuştur. Şahit (metanol) için 1.5 ml metanol üzerine 1.5 ml DPPH ilave edilmiştir. Sonuçlar Troloks eşdeğeri (TE) olarak hesaplanmıştır (Istrati vd., 2013).

#### *Toplam Fenolik Madde Tayini*

Analiz Folin Ciocalteu yöntemiyle yapılmıştır. Örneklerin ekstraksiyonu aktioksidan aktivite tayininde yapıldığı gibidir. 0.5 ml örnek ekstraktı üzerine 7 ml saf su eklenip vortekslenmiştir. Tüplere 0.5 mL 15 saniye ara ile folin ilave edildikten sonra vortekslenip 3 dakika bekletilmiştir. %20'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'den 2 mL eklenip vortekslenmiştir. 25°C'deki etüvde 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. Spektrofotometre havaya karşı sıfırlandıktan sonra 720 nm dalga boyunda spektrofotometrik okuma yapılmış ve sonuçlar mg GAE (gallik asit eş değeri)/L olarak hesaplanmıştır (Singleton ve Rossi, 1965)

#### *Renk Değerleri*

Marinasyon öncesi (kontrol), marinasyon sonrası, pişirme sonrası ve depolama sonrası çözünmüş örneklerin dış yüzey L\* (parlaklık; 100: beyaz, 0: siyah), a\* (+: kırmızı (+60), -: yeşil (-60)), b\* (+: sarı (+60), -: mavi (-60)) değerlerinin ölçümü renk analiz cihazı ile (CR 400 Minolta, Japonya) her bir örnekten üçer okuma olacak şekilde ikiye paralelli yapılmıştır (Gökçalp vd., 2010).

#### *İstatistik Analizler*

Denemeler iki tekerrür ve iki paralel olacak biçimde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarından elde edilen verilere IBM SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) programı kullanılarak varyans analizi (One way ANOVA) uygulanmış ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarından farklı etkide bulunanı belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır ( $P < 0.05$ ).

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **Marinasyon, Pişirme ve Depolama Sırasında Ağırlık Değişimleri**

Tavuk göğüs etlerinin marinasyon işlemi sonrası marinat absorpsiyon, pişirme kaybı ve çözünme

kayı oranları Çizelge 1'de verilmiştir. Marinat absorpsiyon oranları %-74.66 ile %-2.09 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak marinatlar ile muamele edilmiş tavuk göğüs eti örnekleri arasında kontrole göre farklılık olmasına rağmen muameleler arasında absorpsiyon bakımından fark olmadığı görülmüştür. En yüksek marinat absorpsiyon oranının karadut suyuna (%100) ve en düşük marinat absorpsiyon oranının ise karadut özü ile muamele edilen tavuk göğüs eti örneklerine ait olduğu görülmüştür. Marinasyon aşamasında tamburlama gibi herhangi mekanik işlem uygulanmadığı için marinat absorpsiyonunun düşük seviyelerde kaldığı düşünülmektedir (Gökçalp vd., 2012).

Marinasyon gruplarının pişirme kaybı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmaktadır. En yüksek pişirme kaybı oranının %37.53 oranıyla şalgam suyu ile muamele edilmiş örnekler ve en düşük pişirme kaybı oranının ise %18.88 oranıyla elma özü ile muamele edilmiş örnekler ait olduğu gözlemlenmiştir. Marinasyon sonucunda elma özü, karadut özü ve nar ekşisi (%100) ile muamelede pişirme kayıplarının azaldığı görülmüştür. Marinatların viskozitesine ve pH değerlerine bağlı olarak örneklerin pişirme kaybı değerleri değişiklik göstermektedir. Shi vd. (2020) viskozitesi yüksek bir polisakarit olan potasyum aljinatın (PA) farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri ile tavuk etlerini marine etmişler ve yüzeysel bir kaplama oluşturan PA'nın pişirmeden sonra veya çözünme prosedürü altında su sızıntısını bir dereceye kadar azalttığını rapor etmişlerdir.

Marinasyon gruplarının çözünme kaybı değerlerinin %1.28 ile %12.31 arasında değiştiği gözlemlenmiştir aynı zamanda değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmaktadır. En yüksek çözünme kaybı oranının şalgam suyu ile muamele edilmiş örnekler ve bu durumu karadut suyu (%100) ile muamele edilmiş örneklerin takip ettiği görülmüştür. Diğer taraftan en düşük çözünme kaybının ise %1.28 oranı ile karadut özü ile muamele edilmiş örnekler olduğu belirlenmiştir. Viskozitesi yüksek, konsantre marinatlar olan elma özü ve karadut özünde çözünme kaybının

düşük olmasının sebebinin yüksek miktarlarda pektin, selüloz, hemiselüloz ve lignin içermelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Grigelmo-Miguel ve Martin-Belloso, 1999). Bu

bileşikler, su moleküllerini miyofibrillerin ve protein yüzeyinin yakınında yoğunlaştırarak bir su bariyeri oluşturabilir, böylece su kaybını etkili bir şekilde azaltabilmektedir (Shi vd., 2020).

Çizelge 1. Farklı marinatlarla marine edilen tavuk göğüs etlerinin marinat absorpsiyonu, pişirme kaybı ve 30 günlük vakum paketlenerek depolama sonrası çözünme kaybı

Table 1. *Marinate absorption, cooking loss and thaw loss after 30-day vacuum packaged storage of chicken breast meat marinated with different marinades*

| Muamele<br><i>Treatment</i>                               | % (Oran)<br><i>Ratio (%)</i>                       |                                      |                                   |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                           | Marinat Absorpsiyonu<br><i>Marinate Absorption</i> | Pişirme Kaybı<br><i>Cooking Loss</i> | Çözünme Kaybı<br><i>Thaw Loss</i> |
| Kontrol<br><i>Control</i>                                 | -2.09±0.08 <sup>a</sup>                            | 28.15±1.85 <sup>b</sup>              | 4.57±0.11 <sup>ab</sup>           |
| Elma özü<br><i>Apple extract</i>                          | -52.48±1.83 <sup>b</sup>                           | 18.88±3.28 <sup>c</sup>              | 4.81±1.38 <sup>ab</sup>           |
| Karadut özü<br><i>Black mulberry extract</i>              | -74.66±29.22 <sup>b</sup>                          | 20.07±2.40 <sup>c</sup>              | 1.28±3.46 <sup>b</sup>            |
| Şalgam suyu<br><i>Turnip juice</i>                        | -46.61±0.13 <sup>b</sup>                           | 37.53±1.24 <sup>a</sup>              | 12.31±2.21 <sup>a</sup>           |
| Nar ekşisi (%100)<br><i>Pomegranate syrup (100%)</i>      | -50.89±0.60 <sup>b</sup>                           | 23.30±2.45 <sup>bc</sup>             | 5.18±5.36 <sup>ab</sup>           |
| Karadut suyu (%100)<br><i>Black mulberry juice (100%)</i> | -46.11±0.56 <sup>b</sup>                           | 36.94±2.38 <sup>a</sup>              | 10.20±2.59 <sup>a</sup>           |

a-c (↓) Aynı sütündeki farklı üstel küçük harfler, muameleler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ )  
a-c (↓) *Different exponential lowercase letters in the same column indicate a significant difference between treatments ( $P<0.05$ )*

### pH Değeri

Tavuk örneklerinin marinasyon öncesi (başlangıç tavuk eti), marinasyon sonrası, pişirme sonrası ve depolama sonrası pH analizi yapılmıştır. pH değeri marinasyon performansı ve su tutma başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (Rimini vd., 2014). Marinasyon öncesi başlangıç tavuk etinin pH değeri 5.92, karadut suyu 3.98, nar ekşisi 3.02, şalgam suyu 3.71, karadut özü 5.01, elma özü 4.16 olarak ölçülmüştür. Marinasyon sonrası, pişirme sonrası ve depolama sonrası değişen pH değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre, kontrol (tavuk) örneklerinin pH değerlerinde deney süresince değişiklik olmadığı görülmektedir. Elma özü ve karadut özü ile marine edilen pişmiş tavukların pH sonuçları, marinasyon sonrası ve depolama sonrasına göre yüksek çıkmıştır. Nar ekşisi ile marine edilen tavuk örneklerinin pH değeri tüm aşamalarda diğer marine edilmiş örneklerle göre düşük çıkmıştır ( $P<0.05$ ). Marinatların asitliğine bağlı olarak göğüs etlerinin tüm aşamalarda pH değerleri kontrole kıyasla düşük bulunmuştur. Asidik

marinatlar ile muamelenin örneklerin pH değerini düşürdüğü bilinmektedir (Erge vd., 2018; Serdaroglu vd., 2007).

### TBA Değeri

Lipid oksidasyonu, esas olarak lezzet, renk, doku ve besleyicilik değeri üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle, depolama sırasında kalitenin bozulmasından sorumlu birincil süreç olarak kabul edilmektedir (Traore vd., 2012). Farklı marinatların tavuk göğüs etlerinin lipid oksidasyonu üzerindeki etkisini araştırmak için, 4 haftalık donmuş depolamada vakumla paketlenmiş marine edilmiş tavuk örneklerinin TBA değerleri hem marinasyon ve pişirme sonrası hem de depolama sonrası ölçülmüştür (Çizelge 3). Çalışmada kullanılan marinatların antioksidan içeriklerinin yüksek olmasından dolayı, marinasyon sonrasında, aralarında istatistiksel anlamlı bir fark olmamasına rağmen kontrol örneğine kıyasla TBA değerleri daha düşük bulunmuştur. Antioksidan özellikteki bu marinatların kullanımı oksidasyonu geciktirmede

etkili olabilmektedir (Ang ve Yong, 1987). Depolamaya bağlı olarak örneklerin TBA değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Depolama süresince TBA değerlerindeki artışın nedeni, lipidlerin sürekli oksidasyonu ve bunun sonucunda oksidatif yan ürünlerin üretilmesi olabilmektedir (Mohammed vd., 2017). Pişirme işlemi de TBA değerlerinde artışa sebep olmuştur.

Islı işlem görmüş etlerin kalitesinin esas olarak lipid oksidasyonu ile sınırlandırıldığı bilinmektedir. Pişirme işlemi ile genellikle lipid oksidasyonu artmakta, bu da lezzet ve dokuda değişikliğe, vitamin ve esansiyel yağ asitlerinin kaybına ve pişmiş etlerde pigmentlerin oksidasyonuna yol açmaktadır (Juneja vd., 2006).

Çizelge 2. Farklı marinatlarla marine edilen tavuk göğüs etlerinin pH değerleri  
Table 2. pH values of chicken breast meat marinated with different marinades

| Muamele<br>Treatment                               | pH Değeri<br>pH Value                  |                                  |                                   |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                    | Marinasyon Sonrası<br>After Marination | Pişirme Sonrası<br>After Cooking | Depolama Sonrası<br>After Storage |
| Kontrol<br>Control                                 | 5.87 ± 0.09 <sup>a</sup>               | 6.03 ± 0.04 <sup>a</sup>         | 5.85 ± 0.05 <sup>a</sup>          |
| Elma özü<br>Apple extract                          | 5.51 ± 0.10 <sup>ab</sup>              | 5.58 ± 0.05 <sup>c</sup>         | 5.49 ± 0.03 <sup>c</sup>          |
| Karadut özü<br>Black mulberry extract              | 5.26 ± 0.06 <sup>ab</sup>              | 5.84 ± 0.05 <sup>b</sup>         | 5.71 ± 0.04 <sup>b</sup>          |
| Şalgam suyu<br>Turnip juice                        | 5.00 ± 0.07 <sup>ab</sup>              | 5.36 ± 0.04 <sup>d</sup>         | 5.31 ± 0.01 <sup>d</sup>          |
| Nar ekşisi (%100)<br>Pomegranate syrup (100%)      | 4.62 ± 0.93 <sup>b</sup>               | 4.12 ± 0.02 <sup>c</sup>         | 4.30 ± 0.01 <sup>c</sup>          |
| Karadut suyu (%100)<br>Black mulberry juice (100%) | 5.26 ± 0.03 <sup>ab</sup>              | 5.41 ± 0.08 <sup>d</sup>         | 5.44 ± 0.11 <sup>cd</sup>         |

a-c (↓) Aynı sütündeki farklı üstel küçük harfler, muameleler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir ( $P < 0.05$ )  
a-e (↓) Different exponential lowercase letters in the same column indicate a significant difference between treatments ( $P < 0.05$ )

Çizelge 3. Farklı marinatlarla marine edilen tavuk göğüs etlerinin 2-tiyobarbütirik asit (TBA) değerleri  
Table 3. 2-thiobarbutyric acid (TBA) values of chicken breast meat marinated with different marinades

| Muamele<br>Treatment                               | TBA Değeri (mg MA/kg)<br>TBA Value (mg MA/kg) |                                  |                                   |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                    | Marinasyon Sonrası<br>After Marination        | Pişirme Sonrası<br>After Cooking | Depolama Sonrası<br>After Storage |
| Kontrol<br>Control                                 | 0.051 ± 0.02 <sup>a</sup>                     | 0.090 ± 0.13 <sup>a</sup>        | 0.162 ± 0.05 <sup>a</sup>         |
| Elma özü<br>Apple extract                          | 0.029 ± 0.01 <sup>a</sup>                     | 0.109 ± 0.02 <sup>a</sup>        | 0.207 ± 0.14 <sup>a</sup>         |
| Karadut özü<br>Black mulberry extract              | 0.045 ± 0.05 <sup>a</sup>                     | 0.016 ± 0.02 <sup>a</sup>        | 0.068 ± 0.05 <sup>a</sup>         |
| Şalgam suyu<br>Turnip juice                        | 0.012 ± 0.02 <sup>a</sup>                     | 0.119 ± 0.10 <sup>a</sup>        | 0.072 ± 0.02 <sup>a</sup>         |
| Nar ekşisi (%100)<br>Pomegranate syrup (100%)      | 0.012 ± 0.01 <sup>a</sup>                     | 0.025 ± 0.04 <sup>a</sup>        | 0.109 ± 0.01 <sup>a</sup>         |
| Karadut suyu (%100)<br>Black mulberry juice (100%) | 0.002 ± 0.01 <sup>a</sup>                     | 0.011 ± 0.02 <sup>a</sup>        | 0.121 ± 0.01 <sup>a</sup>         |

a (↓) Aynı sütündeki aynı üslü küçük harfler, muameleler arasında önemli bir fark olmadığını göstermektedir ( $P > 0.05$ )  
a (↓) Same exponential lowercase letters in the same column indicate no significant difference between treatments ( $P > 0.05$ )

**Renk Değerleri**

Örneklerin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) değerleri farklı analiz aşamalarında değişiklikler göstermektedir. Bu durum genel olarak marinatların renklerindeki farklılıktan kaynaklanabilmektedir. Çizelge 4'te

görüldüğü gibi  $L^*$  (parlaklık) değeri  $26.68 \pm 1.32$  ile  $79.27 \pm 0.04$  arasında,  $a^*$  (kırmızılık) değeri  $1.56 \pm 0.32$  ile  $23.01 \pm 1.57$  arasında ve  $b^*$  (sarılık) değeri ise  $1.56 \pm 0.32$  ile  $23.01 \pm 1.57$  arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 4. Farklı marinatlarla marine edilen tavuk göğüs etlerinin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) değerleri  
Table 4. Color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) values of chicken breast meat marinated with different marinades

| Muamele<br><i>Treatment</i>                               | Marinasyon Sonrası<br><i>After Marination</i> | Pişirme Sonrası<br><i>After Cooking</i> | Depolama Sonrası<br><i>After Storage</i> |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| $L^*$ değeri<br><i>L* value</i>                           |                                               |                                         |                                          |
| Kontrol<br><i>Control</i>                                 | $52.29 \pm 1.10^a$                            | $79.27 \pm 0.04^a$                      | $55.57 \pm 0.06^a$                       |
| Elma özü<br><i>Apple extract</i>                          | $38.35 \pm 2.91^b$                            | $54.72 \pm 0.89^b$                      | $37.96 \pm 3.21^{bc}$                    |
| Karadut özü<br><i>Black mulberry extract</i>              | $26.68 \pm 1.32^c$                            | $37.19 \pm 1.20^{cd}$                   | $27.51 \pm 3.29^d$                       |
| Şalgam suyu<br><i>Turnip juice</i>                        | $34.57 \pm 0.76^b$                            | $41.17 \pm 2.51^c$                      | $32.91 \pm 1.74^{cd}$                    |
| Nar ekşisi (%100)<br><i>Pomegranate syrup (100%)</i>      | $35.42 \pm 5.13^b$                            | $34.36 \pm 2.75^d$                      | $34.69 \pm 6.03^{cd}$                    |
| Karadut suyu (%100)<br><i>Black mulberry juice (100%)</i> | $46.56 \pm 0.54^a$                            | $53.86 \pm 0.69^b$                      | $44.11 \pm 1.50^b$                       |
| $a^*$ değeri<br><i>a* value</i>                           |                                               |                                         |                                          |
| Kontrol<br><i>Control</i>                                 | $1.56 \pm 0.32^c$                             | $4.35 \pm 0.16^c$                       | $2.03 \pm 0.23^d$                        |
| Elma özü<br><i>Apple extract</i>                          | $3.56 \pm 1.25^d^e$                           | $13.77 \pm 3.65^b$                      | $2.53 \pm 1.09^d$                        |
| Karadut özü<br><i>Black mulberry extract</i>              | $6.26 \pm 0.80^{cd}$                          | $16.04 \pm 0.72^{ab}$                   | $4.87 \pm 1.17^{cd}$                     |
| Şalgam suyu<br><i>Turnip juice</i>                        | $23.01 \pm 1.57^a$                            | $19.63 \pm 1.29^a$                      | $21.65 \pm 0.21^a$                       |
| Nar ekşisi (%100)<br><i>Pomegranate syrup (100%)</i>      | $12.00 \pm 1.66^b$                            | $14.43 \pm 0.01^b$                      | $12.62 \pm 3.61^b$                       |
| Karadut suyu (%100)<br><i>Black mulberry juice (100%)</i> | $8.28 \pm 0.08^c$                             | $14.23 \pm 2.08^b$                      | $7.70 \pm 0.18^c$                        |
| $b^*$ değeri<br><i>b* value</i>                           |                                               |                                         |                                          |
| Kontrol<br><i>Control</i>                                 | $7.87 \pm 1.54^{ab}$                          | $16.27 \pm 1.37^b$                      | $13.10 \pm 0.59^a$                       |
| Elma özü<br><i>Apple extract</i>                          | $12.98 \pm 0.55^{ab}$                         | $29.49 \pm 5.49^a$                      | $11.48 \pm 1.29^a$                       |
| Karadut özü<br><i>Black mulberry extract</i>              | $6.60 \pm 1.75^b$                             | $19.28 \pm 2.34^b$                      | $5.85 \pm 1.70^b$                        |
| Şalgam suyu<br><i>Turnip juice</i>                        | $-7.078 \pm 0.26^c$                           | $-7.70 \pm 3.71^c$                      | $-6.49 \pm 0.74^c$                       |
| Nar ekşisi (%100)<br><i>Pomegranate syrup (100%)</i>      | $10.23 \pm 5.91^{ab}$                         | $11.84 \pm 4.04^b$                      | $10.65 \pm 3.85^a$                       |
| Karadut suyu (%100)<br><i>Black mulberry juice (100%)</i> | $14.14 \pm 1.22^a$                            | $17.44 \pm 1.66^b$                      | $13.56 \pm 0.05^a$                       |

a-e (↓) Aynı sütündeki farklı üstel küçük harfler, muameleler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir ( $P < 0.05$ )  
a-e (↓) Different exponential lowercase letters in the same column indicate a significant difference between treatments ( $P < 0.05$ )

Piştirme sonrası tavuk etlerinin  $L^*$  değeri genel olarak artmıştır. Depolama sonrasında ise parlaklık değerlerinde genellikle bir azalış gözlenmektedir. Ünal vd. (2020) tarafından asidik marinasyon ile muamelelerin gerçekleştirildiği bir çalışmada, 0.1 M asetik asit ile marinasyon edilen örneklerin  $L^*$  değerinin kontrol örneklerin  $L^*$  değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şalgam suyu ile marine edilmiş örneklerin  $a^*$  değeri her işlem sonrasında en yüksek tespit edilmiştir. Piştirme işlemiyle kontrol örneğinin  $a^*$  değeri yükselmiştir. Depolama sonrasında  $b^*$  değerlerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde Sous-vide piştirme tekniğinin kalamar (*Loligo vulgaris*) kasının fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı sıcaklıklarda pişirmenin  $L^*$  değeri üzerinde önemli bir etkisi gözlemlenmezken sıcaklık artışı sonucunda  $a^*$  değerinde azalma ve  $b^*$  değerinde artışa neden olmuştur (Ceylan ve Gokoglu, 2022).

### Toplam Fenolik Madde İçeriği

Fenolik içerikleri yüksek marinatlarla muamele edilen tavuk örneklerinin her 3 işlem sonrasındaki

toplam fenolik madde içerikleri Çizelge 5'te verilmiştir. Marinasyon, piştirme ve depolama sonrasında en yüksek toplam fenolik madde içeriği tavuk göğüs etinin nar ekşisi (%100) ile muamele edilmesinde ve sonrasında karadut özü ile muamele edilmesinden elde edilmiştir. Elma özü ve karadut suyu (%100) ile muamele edilen tavuk göğüs etlerinde hem piştirme hem de depolama sonrası toplam fenolik madde içeriklerinin önemli ölçüde arttığını söylemek mümkündür. Karadut özü, şalgam suyu ve nar ekşisi (%100) ile olan muamelede ise piştirme sonrası toplam fenolik madde miktarında azalış, depolama sonrasında artış gözlemlenmiştir. Marinasyon sonrası değerlere bakılarak kontrol örneklerine göre Marinasyon işleminin tavuk göğüs etlerinde fenolik madde içeriğini artırıcı bir etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Bor (2011) hindi etini sebze suyu, siyah üzüm, karadut, siyah üzüm, kırmızı havuç ve nar ile marine etmiş olup en yüksek fenolik madde içeriğinin nar suyu ile, en düşük fenolik madde içeriğinin ise siyah havuç suyu ile elde etmiştir.

Çizelge 5. Farklı marinatlarla marine edilen tavuk göğüs etlerinin toplam fenolik içerikleri  
Table 5. Total phenolic contents of chicken breast meat marinated with different marinades

| Muamele<br>Treatment                               | Toplam fenolik miktarı (mg GAE/ kg)<br>Total phenolic content (mg GAE/ kg) |                                   |                                   |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                    | Marinasyon Sonrası<br>After Marination                                     | Piştirme Sonrası<br>After Cooking | Depolama Sonrası<br>After Storage |
| Kontrol<br>Control                                 | 126.37 ± 1.11 <sup>d</sup>                                                 | 174.12 ± 67.97 <sup>bc</sup>      | 136.44 ± 0.74 <sup>c</sup>        |
| Elma özü<br>Apple extract                          | 141.84 ± 2.23 <sup>d</sup>                                                 | 154.59 ± 18.87 <sup>c</sup>       | 256.67 ± 69.63 <sup>abc</sup>     |
| Karadut özü<br>Black mulberry extract              | 276.43 ± 10.02 <sup>b</sup>                                                | 271.23 ± 42.02 <sup>ab</sup>      | 320.89 ± 15.99 <sup>ab</sup>      |
| Şalgam suyu<br>Turnip juice                        | 169.81 ± 0.86 <sup>c</sup>                                                 | 144.28 ± 15.63 <sup>c</sup>       | 192.42 ± 18.06 <sup>bc</sup>      |
| Nar ekşisi (%100)<br>Pomegranate syrup (100%)      | 434.19 ± 4.82 <sup>a</sup>                                                 | 344.17 ± 25.76 <sup>a</sup>       | 382.48 ± 112.39 <sup>a</sup>      |
| Karadut suyu (%100)<br>Black mulberry juice (100%) | 141.75 ± 10.56 <sup>d</sup>                                                | 184.01 ± 64.71 <sup>bc</sup>      | 199.87 ± 4.27 <sup>bc</sup>       |

a-e (↓) Aynı sütündeki farklı üstel küçük harfler, muameleler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir ( $P < 0.05$ ). GAE: Gallik asit cinsinden

a-e (↓) Different exponential lowercase letters in the same column indicate a significant difference between treatments ( $P < 0.05$ ). GAE: Gallic acid equivalence

### Antioksidan Aktivite Değerleri

Örneklerin DPPH metoduyla Trolox eşdeğeri olarak verilen antioksidan aktivite analiz sonuçlarına göre en düşük değer 2057.58 ±

565.71  $\mu$ M Trolox/kg, en yüksek değer 3833.25 ± 79.77  $\mu$ M Trolox/kg olduğu görülmektedir (Çizelge 6). Marinasyon sonrası muameleler arasında antioksidan kapasitesinde farklılık



görülmemesine rağmen pişirme ve depolama sonrasında marinatların kontrole göre antioksidan aktivitesi artmıştır. Marinasyon sonrası değerlere bakılarak kontrol örneklerine göre marinasyon işleminin tavuk göğüs etlerinde antioksidan aktivitesini arttırıcı bir etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Depolama sonrasında karadut

özü ile muamele edilmiş tavuk göğüs eti örneğinin en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde propolis ilavesinin köftelerde Çevik Özkır (2021), meyve sularının (mango ve ananas) tavuk kanadında (Rupasinghe vd., 2022) antioksidan aktiviteyi arttırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 6. Farklı marinatlarla marine edilen tavuk göğüs etlerinin antioksidan aktivite değerleri  
Table 6. Antioxidant activity values of chicken breast meat marinated with different marinades

| Muamele<br>Treatment                               | Antioksidan aktivite değeri ( $\mu\text{M Trolox/kg}$ )<br>Antioxidant activity value ( $\mu\text{M Trolox/kg}$ ) |                                   |                                   |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                    | Marinasyon Sonrası<br>After Marination                                                                            | Pişirme Sonrası<br>After Cooking  | Depolama Sonrası<br>After Storage |
| Kontrol<br>Control                                 | 2175.54 $\pm$ 1041.14 <sup>a</sup>                                                                                | 2057.58 $\pm$ 565.71 <sup>b</sup> | 2695.42 $\pm$ 419.52 <sup>b</sup> |
| Elma özü<br>Apple extract                          | 3539.61 $\pm$ 209.93 <sup>a</sup>                                                                                 | 3807.01 $\pm$ 178.06 <sup>a</sup> | 3670.12 $\pm$ 50.14 <sup>a</sup>  |
| Karadut özü<br>Black mulberry extract              | 3287.42 $\pm$ 50.60 <sup>a</sup>                                                                                  | 3746.85 $\pm$ 119.88 <sup>a</sup> | 3833.25 $\pm$ 79.77 <sup>a</sup>  |
| Şalgam suyu<br>Turnip juice                        | 3445.18 $\pm$ 205.46 <sup>a</sup>                                                                                 | 3792.21 $\pm$ 147.00 <sup>a</sup> | 3643.61 $\pm$ 107.54 <sup>a</sup> |
| Nar ekşisi (%100)<br>Pomegranate syrup (100%)      | 3252.64 $\pm$ 64.26 <sup>a</sup>                                                                                  | 3743.67 $\pm$ 157.39 <sup>a</sup> | 3702.97 $\pm$ 64.16 <sup>a</sup>  |
| Karadut suyu (%100)<br>Black mulberry juice (100%) | 2921.50 $\pm$ 681.55 <sup>a</sup>                                                                                 | 3824.93 $\pm$ 115.35 <sup>a</sup> | 3715.705 $\pm$ 9.77 <sup>a</sup>  |

a-b (↓) Aynı sütündeki farklı üstel küçük harfler, muameleler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ )  
a-b (↓) Different exponential lowercase letters in the same column indicate a significant difference between treatments ( $P<0.05$ )

## SONUÇ

Bu çalışma ile tavuk etinin antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriği yüksek marinatlar ile muamelesi sonucu etin besinsel değerini arttırdığı belirlenmiştir. Test edilen marinatlar arasında en iyi sonuç nar ekşisi (%100) ve karadut özü ile elde edilmiştir. Ayrıca marinatlar pişirme sonrasında tavuk göğüs etlerine parlaklık kazandırmıştır. Çalışmada kullanılan marinatların (elma özü, karadut özü, şalgam suyu, nar ekşisi, karadut suyu) ürünün renginde çeşitlilikler sağladığı için bu marinatlar ile marine edilmiş tavuk göğüslerinin gastronomi çalışmaları açısından da yararlı olabileceği düşünülmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZARLARIN KATKISI

Sunulan çalışma, Gülsüme Bıçakçı tarafından planlandı. Bütün analizler Gülsüme Bıçakçı, Damla Nur Türker ve Elif Ertaş tarafından yapıldı. Makalenin yazımı Gülsüme Bıçakçı ve Damla Nur Türker tarafından gerçekleştirildi.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans Bitirme Tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya tavuk göğüs etlerinin temini ile destek olan Üretim Müdürü Sayın Güntaş Demir'e ve Bolu Erpiliç Entegre Tav. Ürt. Paz. ve Tic. A.Ş firmasına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Akyüz, S., Güneşer, O., ve Esen, B. N. (2020). Farklı Marinasyon Formülasyonları ile Hazırlanmış Hindi Göğüs Etleri- nin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Some

- Physical, Chemical and Sensory Properties of Turkey Breast Meat Prepared with Different Marinade Formulations. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 6(2), 190–205.
- Ang, C. Y. W., ve Young, L. L. (1987). Effect of Marination with Sodium Pyrophosphate Solution on Oxidative Stability of Frozen Cooked Broiler Leg Meat. *Poultry Science* 66:676-678. <https://doi.org/10.3382/ps.0660676>
- Bor, Y. (2011). *Hindi etlerinin marinasyonunda bazı doğal antioksidan kaynakların kullanımı*. Kocatepe Üniversitesi.
- Çevik Özkır, A. (2021). *Doğal bir antimikrobiyel ve antioksidan olan propolis'in köfte üretiminde kullanımı*. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ.
- Ceylan, A., ve Gokoglu, N. (2022). Improving the Physicochemical and Textural Properties of Squid (*Loligo vulgaris*) Muscle by Sous-Vide Cooking in Different Time-Temperature Combinations. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31(8), 872–881. <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2108360>
- Erge, A., Cin, K., ve Şeker, E. (2018). Erik Ve Elma Suyunun Tavuk Eti Marinasyonunda Kullanılması. *Gıda / the Journal of Food*, 43(6), 1040–1052. <https://doi.org/10.15237/gida.gd18063>
- Erge, A., ve Eren, Ö. (2021). Chicken gelatin modification by caffeic acid: A response surface methodology investigation. *Food Chemistry*, 351(February), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129269>
- Gamage, H. G. C. L., Mutucumarana, R. K., ve Andrew, M. S. (2017). Effect of Marination Method and Holding Time on Physicochemical and Sensory Characteristics of Broiler Meat. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(3), 172–184. <https://doi.org/10.4038/jas.v12i3.8264>
- Gök, V., ve Bor, Y. (2016). Effect of Marination with Fruit and Vegetable Juice on the Some Quality Characteristics of Turkey Breast Meat. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(3), 481–488.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y., ve Zorba, Ö. (2010). *Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu* (pp. 81–181). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y., ve Zorba, Ö. (2012). *Et Ürünleri İşleme Mübendisliği*, Atatürk Üniversitesi Yayınları no 786, Erzurum, Türkiye, Beşinci Bölüm, s. 141 - 150.
- Grigelmo-Miguel, N., ve Martin-Belloso, O. (1999). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. *Food Research International*, Vol. 31, No. 5, pp. 355±361. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00087-8)
- Istrati, D., Vizireanu, C., Dima, F., ve Garnai, M. (2013). Evaluation of Polyphenols and Flavonoids in Marinades Used to Tenderize Beef Muscle. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(1), 116–121.
- Jarvis, N., Clement, A. R., O'Bryan, C. A., Babu, D., Crandall, P. G., Owens, C. M., Meullenet, J. F., ve Ricke, S. C. (2012). Dried plum products as a substitute for phosphate in chicken marinade. *Journal of Food Science*, 77(6), S253–S257.
- Jayasena, D. D., Ahn, D. U., Nam, K. C., ve Jo, C. (2013). Flavour chemistry of chicken meat: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(5), 732–742. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12619>
- Juneja, V. K., Fan, X., Peña-Ramos, A., Diaz-Cinco, M., Pacheco-Aguilar, R. (2006). The effect of grapefruit extract and temperature abuse on growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula in marinated sous-vide chicken products, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.09.004>
- Kavuşan, H. S., Öztürk Kerimoğlu, B., Sharefiabadi, E., ve Serdaroğlu, M. (2021). Tavuk eti marinasyonunda ardıç (*Juniperus communis* L.) ekstraktı kullanımının etkilerinin araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3), 1–16. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.863985>
- Mohammed, N. S., Mansour, E. H., Osheba, A. S., Hassan, A. A., ve ElBedawey, A. A. (2017).

- Effect Of Acidic Marination On The Quality Characteristics Of Spent Hen Kobeba During Frozen Storage. *Arab Univ. J. Agric. Sci., Ain Shams Univ.*, Cairo, 25(1), 157-167.
- Rimini, S., Petracci, M., ve Douglas, P. S. (2014). The use of thyme and orange essential oils blend to improve quality traits of marinated chicken meat. *Poultry Science*, 93 :2096–2102. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03601>
- Rupasinghe, R. A., Alahakoon, A. U., Alakolanga, A. W., Jayasena, D. D., ve Jo, C. (2022). Oxidative Stability of Vacuum-Packed Chicken Wings Marinated with Fruit Juices during Frozen Storage. *Food Science of Animal Resources*, 42(1), 61–72. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e62>
- Sanchez-Peña, A. G., ve Alvarado, C. Z. (2013). Marination and packaging impact on textural properties of home-frozen broiler breast fillets. *Poultry Science*, 92(9), 2404–2410. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02553>
- Serdaroğlu, M., Abdraimov, K., Önenç, A. (2007). The Effects of Marinating with Citric Acid Solutions and Grapefruit Juice on Cooking and Eating Quality of Turkey Breast. *Journal of Muscle Foods*, 18: 162-172. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2007.00074.x>
- Shi, H., Zhang, X., Chen, X., Fang, R., Zou, Y., Wang, D., ve Xu, W. (2020). How ultrasound combined with potassium alginate marination tenderizes old chicken breast meat: Possible mechanisms from tissue to protein. *Food Chemistry*, 328, 127144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127144>
- Singleton, V. L., ve Rossi, J. R. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid. In *American Journal of Enology and Viticulture* (Vol. 16, pp. 144–158).
- Traore, S., Aubry, L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K., ve Santé-Lhoutellier, V. (2012). Effect of heat treatment on protein oxidation in pig meat. *Meat Science*, 91(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.037>
- Ünal, K., Alagöz, E., Cabi, A., ve Sarıçoban, C. (2020). Determination of the effect of some acidic solutions on the tenderness and quality properties of chicken breast meat. *Selçuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(1), 19-23. <https://doi.org/10.15316/SJAIFS.2020.190>
- Ünal, K., Alagöz, E., Çelik, ve Sarıçoban, C. (2022). Marination with citric acid, lemon, and grapefruit affects the sensory, textural, and microstructure characteristics of poultry meat. *British Poultry Science*, 63(1), 31–38. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1963674>
- Yıldırım, G., ve Çiçek, Ü. (2021). Kışniş ve Sarımsak Oleoresini ile Marine Edilmiş Tavuk Etlerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD) Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 10(3), 154–164.

## DÜŞÜK ŞEKERLİ TURUNÇ MARMELATI ÜRETİMİNDE REBAUDİOSİDE A KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Demet Yıldız Turgut<sup>1\*</sup>, Muslime Tanriseven<sup>1</sup>, Arzu Bayır Yeğin<sup>1</sup>,  
Muharrem Gölükcü<sup>1</sup>, Haluk Tokgöz<sup>1</sup>, Osman Kola<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye

Geliş/Received: 18.04.2023; Kabul /Accepted: 056.07.2023; Online baskı /Published online: 11.08.2023

Yıldız Turgut, D., Tanriseven, M., Bayır Yeğin, A., Gölükcü, M., Tokgöz, H., Kola, O. (2023). Düşük şekerli turunç marmelatı üretiminde Rebaudioside A kullanımının araştırılması. GIDA (2023) 48 (4) 872-887 doi: 10.15237/ gida.GD23052

Yıldız Turgut, D., Tanriseven, M., Bayır Yeğin, A., Gölükcü, M., Tokgöz, H., Kola, O. (2023). The investigation of use of Rebaudioside A in the production of low-sugar bitter orange marmalade. GIDA (2023) 48 (4) 872-887 doi: 10.15237/ gida.GD23052

### ÖZ

Bu çalışmada düşük şekerli turunç marmelatı üretiminde doğal tatlandırıcı olarak steviol glikozit Rebaudioside A (Reb A)'nın kullanılabilirliğini ortaya koymak ve farklı formülasyonlarda üretilen marmelatların bazı kalite özelliklerini incelemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda standart turunç marmelatı (kontrol) ve 15 farklı formülasyonda düşük şekerli turunç marmelatı üretilmiş ve bu ürünlerde fizikokimyasal ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Turunç marmelatlarının toplam kuru madde, suda çözünür kuru madde, pH ve titrasyon asitliği değerleri sırasıyla %44.11-78.30, 38.63-70.08 °Bx, 3.15-3.67 ve %0.09-0.28 olarak belirlenmiştir. Marmelat örneklerinde glikoz, fruktoz, sakkaroz, toplam şeker ve HMF içerikleri 20.35-20.61 g/100 g, 28.54-28.56 g/100 g, 20.70-20.75 g/100 g, 69.64-69.87 g/100 g ve 0.22-11.80 mg/kg aralığında bulunmuştur. Marmelat örneklerinin renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini içeren duyu analizleri hedonik test yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Genel kabul edilebilirlik açısından en fazla tercih edilen örneklerin suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriği % 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat, SÇKM'si %25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren marmelat ve SÇKM'si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat örnekleri olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak SÇKM içeriği %25 ve 30 oranında azaltılmış, tatlandırıcı olarak 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinin gerek fizikokimyasal gerekse duyu özellikler bakımından üstün özellikler gösterdiği belirlenmiştir

**Anahtar kelimeler:** Turunç (*Citrus aurantium*), marmelat, düşük kalori, doğal tatlandırıcı, Rebaudioside A.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr,

☎: (+90) 242 321 6797

☎: (+90) 242 321 1512

Demet Yıldız Turgut; ORCID no: 0000-0002-7486-3701

Muslime Tanriseven; ORCID no: 0000-0001-5805-1554

Arzu Bayır Yeğin; ORCID no: 0000-0002-2194-6730

Muharrem Gölükcü; ORCID no: 0000-0003-1646-5876

Haluk Tokgöz; ORCID no: 0000-0002-9956-0045

Osman Kola; ORCID no: 0000-0003-0000-248X

## THE INVESTIGATION OF USE OF REBAUDIOSIDE A IN THE PRODUCTION OF LOW-SUGAR BITTER ORANGE MARMALADE

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to reveal the usability of steviol glycoside Rebaudioside A (Reb A) as a natural sweetener in the production of low sugar bitter orange marmalade and to investigate some quality characteristics of marmalades produced in different formulations. In this context, standard bitter orange marmalade and fifteen low sugar bitter orange marmalade were developed, and their physicochemical and sensory analyzes were carried out. The ranges for the total dry matter content (TDC), total soluble solids content (TSS), pH and titratable acidity values of bitter orange marmalades were determined as 44.11-78.30%, 38.63-70.08 °Bx, 3.15-3.67 and 0.09-0.28%, respectively. Glucose, fructose, sucrose, total sugar and HMF contents in the marmalade samples were found to be in the range of 20.35-20.61 g/100 g, 28.54-28.56 g/100 g, 20.70-20.75 g/100 g, 69.64-69.87 g/100 g and 0.22-11.80 mg/kg, respectively. Sensory analyzes including color, taste, consistency and general acceptability characteristics of the marmalade samples were performed using "Hedonic Test" method. It was determined that the most preferred samples in terms of general acceptability were marmalade samples containing 100 mg of Reb A with 25% reduced TSS, 150 mg of Reb A with 25% reduced TSS and 100 mg of Reb A with 30% reduced TSS. As a result, it was determined that the marmalade samples containing 100 and 150 mg of Reb A sweetener with a 25% and 30% reduced TSS showed superior properties in terms of both physicochemical and sensory parameters.

**Keywords:** : Bitter orange (*Citrus aurantium*), marmalade, low-calorie, natural sweetener, Rebaudioside A.

### GİRİŞ

Meyveler içerdikleri vitaminler, mineraller, diyet lif, fenolikler, karotenoidler, enzimler ve organik asitler gibi sağlık üzerine yararlı bileşenlerden dolayı insan beslenmesinin önemli bir parçasıdır. Epidemiyolojik çalışmalar düzenli ve yeterli miktarda meyve tüketiminin tip II diyabet, demans, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi pek çok kronik hastalığı önlemeye yardımcı olabileceğini göstermiştir (Barrett ve Lloyd, 2012; Saveski vd., 2015). Ancak, meyvelerin, ortalama %90 oranında su içermeleri ve belirli mevsim aralığında hasat edilmeleri raf ömürlerini ve yıl boyu tüketilebilirliklerini sınırlandırmaktadır. Meyvelerin raf ömrünü uzatmak için reçel, marmelat, fermantasyon ve kurutma gibi çeşitli muhafaza ve işleme yöntemleri kullanılmaktadır (Rababah vd., 2011). Bu yöntemlerden meyvelere şeker ilavesi ile hazırlanan reçel ve marmelatlar, uzun yıllardan beri ülkemizde geleneksel ve endüstriyel olarak üretilmektedir (Cemeroğlu vd., 2003).

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde (Tebliğ No: 2006/55) turuncgil marmelatı, turuncgil meyvesinden elde edilen pulp, püre,

meyve suyu, sulu ekstraktları ve kabuklarının tek başına veya karıştırılarak, su ve şekerlerle uygun jel kıvamına getirilmiş karışımı olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2006). Genel olarak marmelat formülasyonlarında tat, yapı, kıvam ve mikrobiyolojik stabiliteyi sağlamak için şeker kaynağı olarak sakkaroz kullanılmaktadır. TGK Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde marmelatlar en az %60 çözünebilir kuru madde içermesi gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2006). Ancak aşırı şeker tüketiminin hipertansiyon, obezite ve diyabet gibi rahatsızlıklara yol açtığı bilinmektedir. Günümüzde, değişen yaşam koşulları, gıda ve sağlık alanındaki gelişmeler, tüketicilerin sağlıklı beslenme ile ilgili farkındalıklarının artması ve doğal içerikli gıdalara olan talep nedeniyle gıda endüstrisi, ürün formülasyonlarında yer alan şeker oranını azaltarak daha düşük enerji içeren doğal içerikli ürünler üretme yoluna gitmektedir (Belovic vd., 2017; Dubey vd., 2021; Şahin, 2006). TGK Reçel, Jöle, Marmelat Ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde ürünlerin çözünebilir kuru madde miktarı en az % 25 oranında azaltıldığında, ürün "düşük şekerli ....." olarak adlandırılması gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2006).

Düşük kalorili veya düşük şekerli ürünlerin üretiminde şeker yerine kısmen veya tamamen pek çok yapay ve doğal tatlandırıcı kullanılmaktadır. Yapay tatlandırıcılar yoğun tatlılığa sahiptir. Bununla birlikte, bu tatlandırıcılar minimum besin değerine sahiptirler ve bazı tatlandırıcılar kilo alma riski, alerji, toksisite, metabolik sendrom ve mesane kanseri gibi olumsuz sağlık etkileri gösterebilmektedir. Bu nedenle düşük kalorili gıda ürünlerinde doğal tatlandırıcıların uygulanması son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı olmuştur (Alizadeh vd., 2014; Castro-Munoz vd., 2022).

Steviol glikozitler, Güney Amerika kökenli Asteraceae familyasına ait bir bitki olan *Stevia rebaudiana* Bertoni'nin yapraklarından elde edilen doğal tatlandırıcılardan olup kalori değerleri bulunmamaktadır. Dünya Tarım Örgütü (FAO)/Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi (JECFA) ve Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) ortak komitesi, saf steviol glikozitlerin (%95) tıbbi olmayan bir bileşen olarak günlük 4 mg/kg'a kadar alımının insan tüketimi için güvenli olduğunu belirtmiştir. Avrupa Birliği, 2011 yılında gıda ve içeceklerde steviol glikozitlerin kullanımını onaylamıştır. Ülkemizde 30/06/2013 tarihinde Resmî Gazetede yayınlanan TKG Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde E 960 koduyla steviol glikozitlerin (steviol eşdeğerleri) gıdalarda kullanımına izin verilmiştir. Stevia yaprakları 30'dan fazla steviol glikozit içermektedir. Stevioside ve rebaudioside A (Reb A), yapraklardaki tüm tatlı glikozitlerin yaklaşık %90'ını oluşturan iki ana tatlı bileşendir. Bu glikozitler, geniş bir pH ve sıcaklık aralığında oldukça kararlıdır ve fermente edilemezler. Stevioside, sakarozdan yaklaşık 150-300 kat daha tatlıdır. Öte yandan, Reb A'nın tatlılığı, sakarozla göre 250-450 kat daha fazladır. Ek olarak, Reb A suda iyi çözünürlüğe sahiptir ve sakarozla yakın organoleptik özellikler sergiler (Balaswamy vd., 2014; Gasmalla vd., 2014). Reb A'nın tatlandırıcı olarak düşük kalorili içecekler (Wölwer-Rieck vd., 2010; Nalesso-Leao vd., 2020), reçel (Carvalho vd., 2013; Benzer Gürel, 2016), marmelat (Öztürk, 2023), çikolata (Morais Ferreira vd., 2016) ve kek (Majzoobi vd., 2018) gibi birçok gıda

ürününde kullanılabilirliğine dair çalışmalar mevcuttur.

Turunç (*Citrus aurantium*) Rutaceae familyasına ait *Citrus* cinsinde yer alan bir turuncgil meyvesidir. Turunç pulpu ve meyve suyunun ekşi ve acı tadından dolayı genellikle taze olarak tüketimi zordur. Akdeniz bölgesi'nde turunç kabukları geleneksel olarak reçel ve marmelata işlenerek değerlendirilmektedir. Bu çalışmada düşük şekerli turunç marmelatı üretimi amacıyla farklı oranlarda şeker ve Reb A içeren farklı marmelat formülasyonları oluşturularak üretilen marmelatların fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde merkez yerleşkesinde bulunan "Yerli Turunç" çeşidine ait turunç (*C. aurantium*) meyveleri kullanılmıştır. Marmelat üretimlerinde beyaz kristal toz şeker (sakkaroz), yüksek metoksilli (YM) ve düşük metoksilli (DM) pektin, sitrik asit ve tatlandırıcı olarak steviol glikoziti Reb A kullanılmıştır.

### Marmelat Üretimleri

Çalışma kapsamında TKG Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği hükümleri çerçevesinde standart turunç marmelatı (kontrol) üretimi ve farklı şeker ve Reb A oranlarında 15 farklı düşük şekerli marmelat üretimleri gerçekleştirilmiştir. Standart (kontrol) ve düşük şekerli turunç marmelatı üretimi amacıyla bazı ön işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla meyveler musluk suyu ile yıkanıp, kabukları çıkartılmış ve bıçakla küçük şeritler halinde kesilmiştir. Şerit halinde kesilen turunç kabukları kaynar suda 15 dk. haşlanarak acılıkları giderilmiştir.

Standart turunç marmelatı (kontrol) 200 g ön işleminden geçirilmiş turunç kabuğu, 600 g şeker, 300 ml su, 2 g sitrik asit, 4 g YM pektin formülasyonu (Gürsoy, 1977) SÇKM 70° Bx civarında olacak şekilde açık kazanda pişirme tekniğiyle gerçekleştirilmiştir.

Düşük şekerli turunç marmelatı formülasyonları standart marmelat formülasyonundaki şeker miktarı düşürülerek ve ürünlere farklı oranlarda (100, 150, 200 mg) Reb A eklemek suretiyle oluşturulmuştur. Bu amaçla tebliğ hükümleri dikkate alınarak, standart olarak üretilen marmelatın SÇKM içeriği en az %25-45 oranları arasında azaltılacak şekilde 15 farklı formülasyon oluşturulmuştur. Düşük şekerli marmelat

formülasyonları Çizelge 1’de verilmiştir. Reçetede kıvam ve yapıyı oluşturmak için DM pektin kullanılmıştır. Her reçetede kullanılacak DM pektin miktarları ön denemelerle belirlenmiştir. Üretim sonrası marmelatlar 40 cc’lik cam kavanozlara sıcak dolum tekniğiyle (88°C) doldurularak kapakları kapatılmıştır.

Çizelge 1. Düşük Şekerli Turunç Marmelatı Formülasyonları

Table 1. Low sugar bitter orange marmalade formulations

| Formülasyon No<br><i>Formulation No</i>                       | Turunç kabuğu (g)<br><i>Bitter orange peel</i> | Şeker (g)<br><i>Sugar</i> | Reb A (mg) | DM pektin (g)<br><i>LM pectin</i> | Sitrik asit (g)<br><i>Citric acid</i> | Su (mL)<br><i>Water</i> | Hedeflenen SÇKM (°Bx)<br><i>Target TSS</i> |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
| 1 (SÇKM %25 oranında azaltılmış)<br><i>(25% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 450                       | 100        | 5                                 | 2                                     | 450                     | 52.5                                       |
| 2 (SÇKM %25 oranında azaltılmış)<br><i>(25% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 450                       | 150        | 5                                 | 2                                     | 450                     | 52.5                                       |
| 3 (SÇKM %25 oranında azaltılmış)<br><i>(25% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 450                       | 200        | 5                                 | 2                                     | 450                     | 52.5                                       |
| 4 (SÇKM %30 oranında azaltılmış)<br><i>(30% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 420                       | 100        | 5                                 | 2                                     | 450                     | 49.0                                       |
| 5 (SÇKM %30 oranında azaltılmış)<br><i>(30% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 420                       | 150        | 5                                 | 2                                     | 450                     | 49.0                                       |
| 6 (SÇKM %30 oranında azaltılmış)<br><i>(30% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 420                       | 200        | 5                                 | 2                                     | 450                     | 49.0                                       |
| 7 (SÇKM %35 oranında azaltılmış)<br><i>(35% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 390                       | 100        | 6                                 | 2                                     | 450                     | 45.5                                       |
| 8 (SÇKM %35 oranında azaltılmış)<br><i>(35% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 390                       | 150        | 6                                 | 2                                     | 450                     | 45.5                                       |
| 9 (SÇKM %35 oranında azaltılmış)<br><i>(35% reduced TSS)</i>  | 200                                            | 390                       | 200        | 6                                 | 2                                     | 450                     | 45.5                                       |
| 10 (SÇKM %40 oranında azaltılmış)<br><i>(40% reduced TSS)</i> | 200                                            | 360                       | 100        | 6                                 | 2                                     | 450                     | 42.0                                       |
| 11 (SÇKM %40 oranında azaltılmış)<br><i>(40% reduced TSS)</i> | 200                                            | 360                       | 150        | 6                                 | 2                                     | 450                     | 42.0                                       |
| 12 (SÇKM %40 oranında azaltılmış)<br><i>(40% reduced TSS)</i> | 200                                            | 360                       | 200        | 6                                 | 2                                     | 450                     | 42.0                                       |

|                                                        |     |     |     |     |   |     |      |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---|-----|------|
| 13 (SÇKM %45 oranında azaltılmış)<br>(45% reduced TSS) | 200 | 330 | 100 | 6,5 | 2 | 320 | 38.5 |
| 14 (SÇKM %45 oranında azaltılmış)<br>(45% reduced TSS) | 200 | 330 | 150 | 6,5 | 2 | 320 | 38.5 |
| 15 (SÇKM %45 oranında azaltılmış)<br>(45% reduced TSS) | 200 | 330 | 200 | 6,5 | 2 | 320 | 38.5 |

### Analiz Yöntemleri

Marmelat ve turunç kabuğu örneklerinde SÇKM, dijital refraktometre (A. Krüss Optronic GmbH, DR6000 series, Almanya) ile 25°C’ de (oda sıcaklığında) ölçülerek sonuçlar briks (°Bx) olarak ifade edilmiştir. pH değeri, dijital pH metre ile ölçülmüş, titrasyon asitliği (TA) ise 10 g homojenize örneğin 25 ml saf su ile seyreltilerek 0.1 N NaOH (sodyum hidroksit) ile pH 8.1 oluncaya kadar titre edilmesiyle belirlenmiştir. Sonuçlar % sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır. Toplam kuru madde (TKM) miktarı ise 5 g homojenize edilmiş örneğin etüvde 70°C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulması ile belirlenerek sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. (Cemeroğlu, 2007).

Marmelat ve turunç kabuğu örneklerinde CIE L\*, a\*, b\* renk değerleri renk ölçüm cihazı (Minolta CR 400) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yapılmadan önce cihaz beyaz seramik kalibrasyon plakası (CR-A43) ile kalibre edilmiş ve tüm ölçümler beyaz bir zemin üzerinde sıvı ölçüm kabı (CR-A502) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında örneklerin kroma (C\*) ve hue açısı (h) hesaplanmıştır. CIE renk koordinat sistemine göre L\* değeri beyazlık-siyahlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında, a\* değeri yeşillik-kırmızılık olup -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) arasında ve b\* değeri mavilik-sarılık göstergesi olup -60 (mavi) ile +60 (sarı) arasında değişim göstermektedir. Hue açısı (h°) rengin niteliğini belirtmekte olup 0° veya 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil, 270° mavi rengi temsil etmektedir. C\* değeri ise, rengin canlılığını ve doygunluğunu ifade etmekte olup, 0 değeri griakromatik (renksiz) renkleri ifade ederken, değer arttıkça rengin canlılığı artmaktadır (Pathare vd., 2013).

HMF analizi yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Tontul ve Topuz 2017). Bu amaçla örnekler saf su ile belirli oranda seyreltilmiş ve 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Örneklerdeki HMF varlığı, örneklere ait kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile HMF standardına ait kromatogramdaki pikin geliş zamanının karşılaştırılması ile tanımlanmıştır. Sonuçlar 0.5-20 mg/L konsantrasyon aralığında hazırlanan standart HMF eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ( $y = 50818x - 82392$ ,  $r^2 = 0.999$ ) göre mg/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Analiz Shimadzu 20 AD serisi (Shimadzu, Tokyo, Japonya) HPLC cihazında, SPD-M20A model PDA dedektör ile gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak su:metanol (90:10, v/v) kullanılmıştır. HMF analizi İnertsil ODS-3 C-18 (5µm, 250x4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) kolon ile 285 nm dalga boyunda, 1 mL/dk akış hızında izokratik olarak gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı ise 25°C’dir.

Marmelat örneklerinin şeker bileşenleri Turhan (2014) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. Örnekler belirli oranda saf su ile homojenize edilerek 5000 rpm hızda 20°C’de 10 dk. süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası berrak kısım 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Glikoz, fruktoz ve sakkaroz standartlarından hazırlanan kalibrasyon eğrilerinden eşitlikler elde edilmiş, her bir şeker bileşeni bu eşitlikler kullanılarak g/ 100 g kuru madde olarak belirlenmiştir. Analizde Shimadzu RID-10A model refraktif indeks dedektörü (Japonya) kullanılmıştır. Şeker bileşenlerinin ayırımında hareketli faz olarak ultra saf su kullanılmıştır.



Ayırım Transgenomic CARBOsep CHO-820 CA kolon ile izokratik olarak, 0.5 mL/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı ise 80°C olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen marmelatların duyuusal değerlendirmesi hedonik test ile ortaya konmuştur. Hedonik test 35- 45 yaş aralığında, en az lisans mezunu, 6 erkek 4 kadından oluşan 10 kişilik yarı eğitilmiş panelist grubuyla gerçekleştirilmiş olup, ürünler renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik bakımından değerlendirilmiştir. Panelistler örnekleri 9 puanlı hedonik skala üzerinden “9: Çok fazla beğendim, 8: çok beğendim, 7: orta derecede beğendim, 6 az beğendim, 5: ne beğendim ne beğenmedim, 4: biraz beğendim, 3: orta derecede beğenmedim, 2: çok beğenmedim, 1:hiç beğenmedim” şeklinde değerlendirmiştir (Altuğ ve Elmacı 2011).

### İstatistiksel Analiz

Marmelat üretimleri 3 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar varyans analizi ile değerlendirilmiş, önemli bulunan sonuçlar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile  $P<0.05$  düzeyinde karşılaştırılmıştır. İstatistiksel değerlendirmede SAS Institute, Inc., (1996) tarafından yazılan SAS İstatistik Programı kullanılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan “Yerli Turunç” çeşidine ait kabukların fizikokimyasal özellikleri Çizelge 2’ de verilmiştir. Ersus ve Çam, (2007) turunç kabuklarında pH değerini 5.2, titrasyon asitliği değerini 0.7 g/100 g ve toplam kuru madde değerini 24.9 g/100 g olarak belirlemiştir. Tunus’un farklı bölgelerinde yetiştirilen turunç meyvelerinde kabuk kuru madde değerleri 22.60-26.53 g/100 g olarak belirlenmiştir (Ellouze vd., 2011). Bulgularımız literatür değerlerine yakındır. Farahmandfar vd., (2020) İran’da yetiştirilen turunç kabuğunda  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerini sırasıyla 69.53, 32.58 ve 75.14 olarak belirlemiştir. Tunus’un farklı bölgelerinde yetiştirilen turunç meyvelerinde  $L^*$  değeri 4.80-7.74,  $a^*$  değeri 1.69-5.17,  $b^*$  değeri 3.21-5.22, hue açısı değeri 0.55-

1.18,  $C^*$  değeri 3.99-6.08 arasında belirlenmiştir (Ellouze vd., 2011). Çeşit, olgunlaşma durumu, yetiştirme bölgesi, meyvenin kısımları, ekstraksiyon ve analiz koşulları gibi faktörler turunçgil meyvelerinin fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkilidir (Moufida ve Marzouk, 2003; Ellouze vd., 2011; Moulehi vd., 2012; Papoutsis vd., 2016).

Çizelge 2. Turunç kabuğunun fizikokimyasal özellikleri

Table 2. Physicochemical properties of the bitter orange peel

| Özellik                | Değer (ort±std sp) |
|------------------------|--------------------|
| pH                     | 5.45±0.06          |
| Titrasyon asitliği (%) | 0.03±0.02          |
| TKM (%)                | 23.14±0.24         |
| SÇKM (°Bx)             | 16±0.15            |
| $L^*$                  | 80.01±0.53         |
| $a^*$                  | 43.88±1.31         |
| $b^*$                  | 73.49±0.67         |
| $C^*$                  | 85.60±0.88         |
| $h^\circ$              | 59.16±0.79         |

Araştırma kapsamında üretilen standart turunç marmelatı ve düşük şekerli marmelat örneklerinin pH, titrasyon asitliği, SÇKM ve TKM sonuçları Çizelge 3’te yer almaktadır. En yüksek pH değeri SÇKM’si % 30 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat (6 No.lu formülasyon), en düşük pH değeri ise kontrol örneğinde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Tüm marmelat örneklerinde kontrol örneğinin titrasyon asitliği değerinin en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Düşük şekerli marmelat örnekleri arasında ise, SÇKM’si %25 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneği ile (3 No.lu formülasyon), SÇKM’si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat örneğinin (4 No.lu formülasyon) diğer düşük şekerli marmelat örneklerine göre daha yüksek titrasyon asitliği değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük titrasyon asitliği değeri ise SÇKM’si %45 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (14 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir. ( $P<0.05$ ).

Çizelge 3. Turunç marmelatlarının bazı fizikokimyasal özellikleri\*  
 Table 3. Some physicochemical properties of the bitter orange marmelades\*

| Formülasyon No<br>Formulation No | pH            | Titrasyon asitliği<br>Titratable acidity<br>(%) | SÇKM<br>TSS<br>(°Bx) | TKM<br>TDC<br>(%) |
|----------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Kontrol Control                  | 3.15±0.01 ı   | 0.28±0.02 a                                     | 70.08±0.07 a         | 78.30±0.08 a      |
| 1                                | 3.61±0.02 b   | 0.12±0.02 de                                    | 52.36±0.35 b         | 59.05±0.64 b      |
| 2                                | 3.45±0.05 h   | 0.15±0.01 bc                                    | 52.50±0.10 b         | 59.50±0.18 b      |
| 3                                | 3.48±0.02 gh  | 0.17±0.01 b                                     | 52.70±0.20 b         | 59.66±0.25 b      |
| 4                                | 3.50±0.02 fg  | 0.16±0.005 b                                    | 49.70±0.45 c         | 54.70±0.47 c      |
| 5                                | 3.60±0.01 bc  | 0.13±0.01 cd                                    | 49.60±0.78 c         | 54.97±0.62 c      |
| 6                                | 3.67±0.04 a   | 0.10±0.005 ef                                   | 49.10±0.36 c         | 55.21±0.43 c      |
| 7                                | 3.62±0.01 b   | 0.12±0.01 de                                    | 45.63±0.37 d         | 50.07±0.09 d      |
| 8                                | 3.59±0.01 bc  | 0.11±0.005 def                                  | 46.00±0.75 d         | 50.38±0.79 d      |
| 9                                | 3.49±0.01 fgh | 0.15±0.01 bc                                    | 45.70±0.95 d         | 50.65±0.15 d      |
| 10                               | 3.50±0.01 efg | 0.10±0.005 ef                                   | 42.23±0.45 e         | 45.45±0.12 e      |
| 11                               | 3.52±0.02 ef  | 0.13±0.02 cd                                    | 42.26±0.49 e         | 45.53±0.15 e      |
| 12                               | 3.54±0.02 de  | 0.11±0.005 def                                  | 42.26±0.37 e         | 45.58±0.62 e      |
| 13                               | 3.56±0.02 cd  | 0.11±0.01 def                                   | 38.73±0.68 f         | 44.11±0.17 f      |
| 14                               | 3.56±0.01 bcd | 0.09±0.01 f                                     | 38.63±0.60 f         | 44.39±0.14 f      |
| 15                               | 3.58±0.02 bc  | 0.10±0.02 ef                                    | 38.70±0.45 f         | 44.25±0.24 f      |

\*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder (P < 0.05).

\* Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means (P < 0.05).

Reçel ve marmelat gibi ürünlerde proses sırasında ürünün belli bir kıvam, tat ve aroma kazanması amacıyla sitrik asit gibi organik asitler ilave edilmektedir (Cemeroğlu vd., 2003). TGK Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'ne (Anonim, 2006) göre, geleneksel ve ekstra geleneksel reçellerde pH aralığının ise 2.8-3.5 arasında olması gerekirken, marmelatlar için böyle bir sınırlama yoktur. Üretilen düşük şekerli marmelat reçetelerinin pH değerlerinin bazıları bu değerlerden yüksektir. Diğer yandan, reçel ve marmelat gibi ürünlerde pH değerinin 3.5 civarında olması DM pektinlerin jel oluşturması için uygundur, çünkü düşük pH değerlerinde DM pektindeki karboksil grupları protonlanmakta ve kalsiyum tuzlarının varlığından bağımsız olarak hidrojen bağları oluşabilmektedir. Ayrıca reçel ve marmelat gibi ürünlerde pH değerinin 4' ün altında olması durumunda, bu ürünler koruyucu ve pastörizasyon uygulaması yapıldığında bir yıldan daha uzun süre mikrobiyolojik olarak stabil

kabul edilmektedir (Belovic vd., 2017). Bunun yanında, Correa vd. (2011) reçellerde titrasyon asitliği değerinin %1'i geçmesi durumunda sineresis (üründen su salınımı) meydana gelebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda oluşturulan tüm marmelat formülasyonlarında titrasyon asitliği %1'in altındadır.

Düşük şekerli marmelat örnekleri arasında en yüksek SÇKM ve TKM değerleri, SÇKM miktarı %25 azaltılmış marmelat örneklerinde (1,2 ve 3 No.lu), en düşük değerler ise SÇKM miktarı % 45 azaltılmış marmelat örneklerinde tespit edilmiştir (P<0.05). Standart turunç marmelatının (kontrol) SÇKM miktarı 70.08 °Bx'dir. Çalışmamızda TGK Reçel, Jöle, Marmelat Ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği hükümleri dikkate alınarak SÇKM içeriği %25-45 oranları arasında azaltılacak şekilde marmelat üretimleri gerçekleştirilmiştir. Marmelatlarda suda çözünür kuru maddeyi meyvedeki şekerler, organik asit gibi maddeler ile

marmelata eklenen toz şeker (sakkaroz), pektin ve asit gibi maddelerin suda çözünür bileşenleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla marmelat örneklerinde eklenen şeker miktarı azaldıkça SÇKM ve TKM miktarları azalış göstermiştir.

Tunus'un farklı bölgelerinde yetiştirilen turunç meyvelerinden üretilen marmelatlarda SÇKM 44.65-55.83 °Bx olarak belirlenmiştir (Ellouze vd., 2011). Basu vd. (2013) yaptığı çalışmada şeker yerine farklı oranlarda stevioside ve sukraloz eklenen ürünlerde, şeker oranı azaltılıp, stevioside ve sukraloz oranının yüksek kullanıldığı ürünlerde SÇKM düşmüştür. Abolila vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada tatlandırıcı olarak farklı oranlarda fruktoz, stevioside ve sukraloz içeren 12 farklı formülasyonda üretilen portakal bazlı düşük kalorili reçellerde SÇKM değeri 22.63-43.37 °Bx arasında belirlenmiştir. Domates posası kullanılarak 4 farklı formülasyonda üretilen düşük kalorili reçellerde SÇKM 24.26-48.33 olarak tespit edilmiştir (Belovic vd., 2017). Farklı oranlarda sakkaroz, pektin ve stevia ilavesi ile hazırlanan vişne reçellerinde sakkaroz ve pektin oranı arttıkça SÇKM miktarı artış göstermiş ve 46.2-66.10 °Bx olarak belirlenmiştir (Nourmohammadi vd., 2021).

Standart turunç marmelatı ve farklı formülasyonlarda üretilen düşük şekerli turunç marmelatlarının renk ölçümlerine ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Turunç marmelatları arasında en yüksek L\* değeri SÇKM miktarı %35 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (9 No.lu formülasyon), en düşük ise SÇKM miktarı %45 azaltılmış 150 ve 200 mg Reb A içeren örneklerde (14 ve 15 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir (P<0.05). Genel olarak, SÇKM miktarı %25-40 oranında azaltılan örneklerin L\* değerleri kontrol örneğine göre artış gösterirken, SÇKM miktarı %45 azaltılan marmelat örneklerinin L\* değerleri azalış göstermiştir. L\* değerindeki azalış marmelat üretimi sırasında sıcaklık ve süre gibi etkenlerle Maillard ve karamelizasyon gibi kahverengileşme reaksiyonlarından kaynaklanabilmektedir (Naknaen ve Itthisoponkul 2015; Şirin, 2019).

a\* parametresi kırmızımı renkleri için pozitif (+60), yeşilimsi renkleri için negatif değerler (-60) almaktadır (Pathare vd., 2013). Turunç marmelatı örneklerinin a\* değerleri 2.03-5.62 arasında belirlenmiştir. En yüksek a\* değeri SÇKM miktarı %40 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (10 No.lu formülasyon), en düşük a\* değeri ise SÇKM miktarı %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (12 No.lu formülasyon) belirlenmiştir. a\* değeri açısından kontrol örneği ile SÇKM'si %30 azaltılmış 4 ve 5 No.lu örnekler arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir (P>0.05). a\* değerindeki artışlar genel olarak sıcaklık etkisiyle esmerleşme reaksiyonlarına ve karotenoid gibi pigmentlerin degradasyonuna bağlanmaktadır (Naknaen ve Itthisoponkul 2015; Özcan Sınır vd., 2018).

Marmelat örneklerinde sarılık (+60)-mavilik (-60) renk tonlarını ifade eden b\* değerleri ise 6.45-20.51 olarak tespit edilmiş olup, SÇKM miktarı %40 ve 45 oranında azaltılmış 12 ve 13 No.lu marmelat örneklerinin en yüksek b\* değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). En düşük b\* değeri ise standart turunç marmelatı örneğinde belirlenmiştir. Düşük şekerli marmelat örneklerinin b\* değerleri standart turunç marmelatı örneğine göre artış göstermiştir. Dolayısıyla düşük şekerli marmelat örnekleri kontrol örneğine göre daha sarı renktedirler. Şirin (2019) düşük şekerli elma marmelatı çalışmasında azaltılmış şeker miktarı ve stevioside konsantrasyonunun artışı ile b\* değerinde artış gözlemlenmiştir.

Marmelat örnekleri renk doygunluğunu ifade eden C\* değerleri açısından incelendiğinde SÇKM miktarı %40 ve 45 oranında azaltılmış 12 ve 13 No.lu marmelat örneklerinin en yüksek C\* değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Düşük şekerli marmelat örneklerinin C\* değerleri kontrol örneğine göre artış göstermiş olup, bu örneklerin renklerinin daha canlı tonlarda olduğu değerlendirilmiştir.

a\* ve b\* değerlerinden matematiksel olarak hesaplanabilen h° ise renk tonu açısını ifade etmektedir. h°, 0° ile 360° arasında değişmekte olup, 0° kırmızı, 90° sarı, 180° mavimsi yeşil ve

270° ise mavi rengi temsil etmektedir (Pathare vd., 2013). En düşük  $h^{\circ}$  değeri 69.27 ile kontrol örneğinde, en yüksek  $h^{\circ}$  ise 84.36 ile SÇKM miktarı %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren düşük şekerli marmelat örneğinde (12 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir. Genel olarak tüm düşük şekerli marmelat formülasyonlarında  $h^{\circ}$  değerleri, standart turunc kabuğu marmelatına göre artış göstermiş olup, düşük şekerli marmelatların daha sarı renklerde olduğu değerlendirilebilir.

Reçel ve marmelat gibi ürünlerde renk özellikleri, pişirme sırasında uygulanan ısıl işlemin süresi ve derecesi, depolama koşulları, meyvenin çeşidi ve olgunluk derecesi, toplam asitlik, şeker ve su içeriği ile yakından ilişkilidir (Artık, 1988). Ayrıca kesme, açık kazanda pişirme, asit ilavesi gibi işlemlerin renk pigmentlerinin oksidasyonuna ve degradasyonuna sebep olması, reçel üretimi sırasında renk değerlerinin değişiminden sorumludur (Durmuş, 2019).

Çizelge 4. Turunc marmelatlarının renk değerleri\*  
Table 4. Colour values of the bitter orange marmalades\*

| Formülasyon No.<br><i>Formulation No.</i> | L*           | a*                 | b*                | C*                | $h^{\circ}$       |
|-------------------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Kontrol <i>Control</i>                    | 30.39±0.08 e | 2.44±0.20 ef       | 6.45±0.44 g       | 6.90±0.48 h       | 69.27±0.42 e      |
| 1                                         | 35.34±0.32 c | 3.88±0.67<br>bcd   | 15.61±0.89<br>cde | 16.09±0.98<br>cde | 76.0±81.89<br>cd  |
| 2                                         | 32.99±0.20 d | 2.12±0.36 f        | 10.33±0.64 f      | 10.56±0.69 g      | 78.41±1.27<br>bc  |
| 3                                         | 35.24±0.46 c | 3.29±0.68<br>bcdef | 14.51±1.12<br>de  | 14.89±1.19<br>de  | 77.26±2.04<br>bc  |
| 4                                         | 34.87±0.18 c | 2.26±0.53 ef       | 11.09±0.62 f      | 11.32±0.67 fg     | 78.48±2.36<br>bc  |
| 5                                         | 33.92±1 cd   | 2.44±0.36 ef       | 11.17±1.43 f      | 11.45±1.39 fg     | 77.52±2.47<br>bc  |
| 6                                         | 35.14±0.6 c  | 3.09±0.51<br>cdef  | 12.95±1.23 ef     | 13.31±1.32<br>efg | 76.63±0.95<br>bcd |
| 7                                         | 35.52±2.30 c | 2.94±1.34 def      | 13.99±4.01 e      | 14.31±4.18 ef     | 78.49±2.77<br>bc  |
| 8                                         | 37.82±0.41b  | 4.09±0.84<br>bcd   | 16.98±0.30<br>bcd | 17.48±0.48<br>bcd | 76.48±2.42<br>cd  |
| 9                                         | 41.22±1.12 a | 4.15±0.09<br>bcd   | 19.82±1.49<br>ab  | 20.25±1.47<br>ab  | 78.12±0.70<br>bc  |
| 10                                        | 38.35±0.92 b | 5.62±0.95 a        | 19.18±1.85<br>ab  | 19.98±2.03<br>ab  | 73.72±1.24 d      |
| 11                                        | 38.05±1.57 b | 4.41±0.67 b        | 19.37±2.76<br>ab  | 19.87±2.80<br>ab  | 77.14±1.33<br>bc  |
| 12                                        | 39.92±0.14 a | 2.03±0.87 f        | 20.51±0.29 a      | 20.62±0.38 a      | 84.36±2.32 a      |
| 13                                        | 29.05±0.45 e | 4.35±0.39 bc       | 20.32±1.55 a      | 20.78±1.60 a      | 77.98±0.46<br>bc  |
| 14                                        | 27.34±0.66 f | 3.23±0.55<br>bcdef | 18.36±0.99<br>abc | 18.64±1.07<br>abc | 79.97±1.22 b      |
| 15                                        | 26.47±0.45 f | 3.41±0.64<br>bcde  | 17.06±0.93<br>bcd | 17.40±1.00<br>bcd | 78.74±1.71<br>bc  |

\*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder ( $P < 0.05$ ).

\* *Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means ( $P < 0.05$ ).*

Standart turunc marmelatı ve düşük şekerli marmelat formülasyonlarında tespit edilen sakkaroz, glikoz, fruktoz ve toplam şeker içerikleri Çizelge 5'te yer almaktadır. Standart turunc marmelatı örneğinin şeker bileşenleri ve toplam şeker içeriği açısından diğer marmelat formülasyonlarından daha yüksek değerlerde

olduğu belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Düşük şekerli marmelat örneklerinde ilave edilen şeker oranlarına bağlı olarak standart turunc marmelatına göre şeker bileşenleri ve toplam şeker miktarları daha düşük miktarlarda tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Turunc marmelatlarının şeker bileşenleri ve HMF miktarları \*  
Table 5. Sugar components and HMF contents of the bitter orange marmelades\*

| Formülasyon No.<br><i>Formulation No.</i> | Sakkaroz (%) | Glikoz (%)   | Fruktoz (%)  | Toplam şeker (%) | HMF (mg/kg)  |
|-------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|--------------|
| Kontrol <i>Control</i>                    | 48.16±0.16 a | 7.43±0.15 a  | 10.99±0.17 a | 66.59±0.16 a     | 11.80±0.21 a |
| 1                                         | 46.91±0.13 a | 2.37±0.11 b  | 2.41±0.08 bc | 51.69±0.33 b     | 0.47±0.14 h  |
| 2                                         | 46.88±0.07 a | 2.34±0.05 b  | 2.49±0.001 b | 51.70±0.13 b     | 0.48±0.27 h  |
| 3                                         | 46.98±0.04 a | 2.24±0.01 b  | 2.31±0.05 cd | 51.54±0.11 b     | 0.48±0.52 h  |
| 4                                         | 43.81±0.83 b | 2.25±0.04 b  | 2.22±0.05 d  | 48.27±0.93 c     | 0.44±0.22 h  |
| 5                                         | 43.74±0.70 b | 2.31±0.11 b  | 2.35±0.03 cd | 48.40±0.78 c     | 0.44±0.36 h  |
| 6                                         | 44.08±0.21 b | 2.27±0.11 b  | 2.41±0.08 bc | 48.75±0.01 c     | 0.22±0.17 i  |
| 7                                         | 41.05±0.96 c | 1.25±0.02 c  | 1.36±0.04 e  | 43.66±0.94 d     | 0.40±0.23 h  |
| 8                                         | 41.82±0.13 c | 1.35±0.04 c  | 1.35±0.04 e  | 44.52±0.04 d     | 2.22±0.19 b  |
| 9                                         | 41.66±0.78 c | 1.20±0.05 c  | 1.26±0.01 e  | 44.12±0.82 d     | 0.81±0.13 e  |
| 10                                        | 38.56±0.49 d | 1.22±0.004 c | 1.26±0.02 e  | 41.04±0.52 e     | 1.18±0.53 d  |
| 11                                        | 38.12±0.91 d | 1.21±0.09 c  | 1.28±0.03 e  | 40.61±1.04 e     | 1.18±0.67 d  |
| 12                                        | 38.14±0.98 d | 1.28±0.06 c  | 1.36±0.03 e  | 40.78±0.88 e     | 0.73±0.71 ef |
| 13                                        | 35.49±0.22 e | 0.56±0.003 d | 0.78±0.002 f | 36.83±0.22 f     | 0.62±0.34 fg |
| 14                                        | 35.72±0.35 e | 0.57±0.004 d | 0.78±0.005 f | 37.06±0.35 f     | 1.60±0.21 c  |
| 15                                        | 35.49±0.25 e | 0.56±0.007 d | 0.78±0.007 f | 36.82±0.27 f     | 0.53±0.47 gh |

\*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder ( $P < 0.05$ ).

\* Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means ( $P < 0.05$ ).

Reçellerde tat oluşumunda en önemli etkenlerden biri de içerdiği şekerdir. Meyvelerin doğal olarak içerdikleri şeker miktarı reçel üretimi için yeterli değildir. Dolayısıyla istenilen kıvam ve tat için dışarıdan şeker ilavesi gereklidir. Reçeldeki şeker aynı zamanda ortamdaki serbest su moleküllerini bağlayarak su aktivitesinin düşmesinde önemli bir rol oynar ve ürünün mikrobiyolojik stabilitesini geliştirir (Cemeroğlu vd., 2003; Özdoğan, 2006; Koç ve Ömeroğlu, 2009). İndirgen şekerlerin standart marmelat örneğinde daha yüksek çıkması, kullanılan daha yüksek miktardaki şekerin asidik şartlarda inversiyona uğraması ile açıklanabilir (Sutwal vd., 2019). Jribi vd. (2020)

tarafından yapılan bir çalışmada şeker oranı azaltılarak farklı oranlarda stevia, sukraloz ve fruktozun kullanıldığı düşük şekerli çilek reçellerinde indirgen şeker miktarı kontrol grubuna (şeker) göre azalmıştır.

Marmelat formülasyonlarında tespit edilen HMF miktarları Çizelge 5'te yer almaktadır. En yüksek HMF içeriği (11.8 mg/kg) standart turunc marmelatı örneğinde tespit edilmiştir. Diğer düşük şekerli marmelat örneklerinde kontrol örneğine göre HMF içerikleri daha düşük değerlerde tespit edilmiştir. Bunun en önemli sebebi marmelat örneklerine ilave edilen sakkaroz

miktarı ile ilgilidir. HMF, amino asitler ile indirgen şekerler açısından zengin gıdaların yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucu meydana gelen Maillard reaksiyonu ürünlerinden biridir. HMF, reçel ve marmelat gibi ısıl işlem proseslerinde önemli bir kalite göstergesidir. Bu tip ürünlerin üretiminde HMF oluşumu ve miktarı yüksek pişirme sıcaklıkları, pişirme süresi, pH, su aktivitesi, şeker konsantrasyonu ve depolama koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Nowak vd., 2021). Sakkaroz asitli ortamda sıcaklık etkisiyle glikozve fruktoz gibi indirgen şekerlere parçalanmaktadır. HMF oluşumunda indirgen şekerler önemli bir rol oynamaktadır (Naknaen ve Itthisoponkul, 2015). Nitekim, kontrol örneğinde indirgen şeker miktarlarının daha yüksek olduğu çizelgeden görülmektedir.

Yüksek miktarda HMF oluşumu üründe renk, tat ve aroma değişikliklerine neden olabilmektedir. Bunun yanında yüksek miktarda HMF oluşumunun kanserojen etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Baltacı ve Akşit, 2016). TSE (Türk Standartları Enstitüsü)'ye göre HMF miktarı 1. Sınıf reçellerde maksimum 50 mg/kg olmalıdır. Farklı oranlarda sakkaroz ve Reb A ve farklı tatlandırıcılar kullanılarak enerjisi azaltılmış çilek reçeli örneklerinde HMF miktarları 4.31-18.24 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016). Bir başka çalışmada, stevia özü içeren düşük kalorili böğürtlen reçellerinde HMF miktarı 0.79-37.24 mg/kg arasında belirlenmiştir (Benzer Gürel 2016). Bulgularımız bu değerlerin altındadır.

Çizelge 6. Düşük şekerli turunc marmelatlarının duyu analizi sonuçları \*

Table 6. Sensory analysis results of the Low sugar bitter orange marmalades \*

| Formülasyon No.<br>Formulation No. | Renk           | Lezzet        | Kıvam          | Genel kabul edilebilirlik |
|------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------------------|
| 1                                  | 8.3±1.05 a     | 6.6 ±1.34 ab  | 7.8±1.13 a     | 7.4 ±1.57 a               |
| 2                                  | 8.2±1.03 a     | 6.9 ±1.79 a   | 7.7± 1.05 ab   | 7.7± 1.42 a               |
| 3                                  | 7.5 ±1.34 abc  | 6.4 ±1.71 ab  | 7.2± 1.03 abc  | 6.8± 1.66 ba              |
| 4                                  | 7.8 ±0.78 ab   | 7.1 ±1.39 a   | 7.2± 1.03 abc  | 7.4±1.26 a                |
| 5                                  | 7 ±1.82 abcd   | 7.2± 1.52 a   | 6.9± 1.28 abcd | 7 ±1.19 ab                |
| 6                                  | 7.4 ±2.00 abc  | 6.4 ±1.34 ab  | 7.5±1.50 abc   | 6.5 ±1.50 abc             |
| 7                                  | 6.7 ±2.26 abcd | 5.3 ±2.34 bcd | 6.6± 1.95 abcd | 5.9±1.47 bcd              |
| 8                                  | 6 ±1.91 cd     | 6± 1.76 abc   | 6.6 ±1.50 abcd | 6± 1.05 bcd               |
| 9                                  | 6.4± 1.71 bcd  | 5.2±1.61 bcd  | 6.3±1.13 bcd   | 5.6 ±1.26 cd              |
| 10                                 | 6.5± 1.05 abcd | 5± 1.34 bcd   | 6.1± 1.13 cd   | 5.4± 1.57 cd              |
| 11                                 | 6.4±2.00 bcd   | 4.8 ±0.94 cd  | 6.4± 1.17 abcd | 5.3 ±1.22 cd              |
| 12                                 | 5.3±1.47 d     | 3.9±1.79 d    | 6.4 ±1.63 abcd | 4.8± 0.91 d               |
| 13                                 | 5.8 ±2.25 cd   | 4.4± 1.17 cd  | 6.2±1.59 cd    | 5.4 ±0.96 cd              |
| 14                                 | 7.5 ±1.05 cd   | 6.4 ±1.34 cd  | 7.2 ±1.13 cd   | 6.8 ±1.57 cd              |
| 15                                 | 5.3±1.82 d     | 4.5± 1.84 cd  | 5.5 ±1.95 d    | 5.3 ±1.13 cd              |

\*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder (P < 0.05).

\* Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means (P < 0.05).

Düşük şekerli turunc marmelatı örneklerinin renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini belirlemek amacıyla uygulanan duyu analizi sonuçları Çizelge 6' te verilmiştir. 10 kişilik yarı eğitilmiş panelistler tarafından 1-9 puan

üzerinden değerlendirilen düşük şekerli marmelat örneklerinin renk puanları 5.3-8.3, lezzet puanları 3.9-7.9, kıvam puanları 5.5-7.8, ve genel kabul edilebilirlik puanları 4.8-7.7 arasında değişmiştir. Renk puanlarına göre en yüksek puanı alan

marmelat örnekleri SÇKM'si %25 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinde (1 ve 2 No.lu formülasyon), en düşük puanı alan örnekler ise SÇKM'si %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren (12 No.lu formülasyon) ve SÇKM'si %45 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (15 No.lu formülasyon) belirlenmiştir. Lezzet puanları değerlendirildiğinde en yüksek puanı SÇKM'si % 25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren (2 No.lu formülasyon) , SÇKM'si %30 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinde (4 ve 5 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir. En düşük puanı alan örnek ise SÇKM'si %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren (12 No.lu formülasyon) marmelat örneği olmuştur. Kıvam özelliği açısından panelistler tarafından en yüksek puanı alan marmelat örneği SÇKM'si % 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu formülasyon) , en düşük puanı alan örnek ise SÇKM'si %45 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneği (15 No.lu formülasyon) olmuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı 3 adet düşük şekerli marmelat örneği almıştır. Bunlar SÇKM'si %% 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu formülasyon), SÇKM'si %25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren marmelat (2 No.lu formülasyon) ve SÇKM'si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (4 No.lu formülasyon) örnekleridir. Genel olarak bu örneklerin renk, lezzet ve kıvam özellikleri bakımından da yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında şeker içeriği daha yüksek marmelat örneklerinin panelistler tarafından daha fazla tercih edildiği söylenebilir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada standart turunç marmelatı (kontrol) ve standart marmelat formülasyonundaki şeker miktarı düşürülerek ve ürünlere farklı oranlarda (100, 150 ve 200 mg) Reb A eklemek suretiyle farklı formülasyonlarda 15 adet düşük şekerli turunç marmelatı üretilmiş ve bu ürünlerde fizikokimyasal ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Düşük şekerli turunç marmelatı örneklerinde kontrol örneğine göre pH değerlerinin daha yüksek, titrasyon asitliği değerlerinin ise daha

düşük olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre düşük şekerli marmelat örneklerinin eklenen şeker miktarına bağlı olarak SÇKM miktarları 38.63-52.70 °Bx, TKM miktarları ise %44.11-59.66 arasında değişmiştir.

İşlenmiş gıda ürünlerinde tüketici kabul edilebilirliğini etkileyen önemli parametrelerden biri olan renk değerleri incelendiğinde düşük şekerli turunç marmelatı örneklerinin kontrol örneğine göre daha parlak ve sarı renkte olduğu tespit edilmiştir. Şeker kompozisyonu analiz sonuçlarına göre marmelat örneklerinin glikoz, fruktoz, sakkaroz ve toplam şeker içerikleri sırasıyla 0.56-7.43, 0.78-10.99, 35.49-48.16 ve 36.82-66.59 arasında belirlenmiştir. Marmelat örneklerinin tespit edilen HMF içerikleri ise mevzuat sınırlarının altında değerlendirilmiştir.

Duyusal analizde düşük şekerli turunç marmelatı örnekleri renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik kriterleri açısından 9 puanlı hedonik test ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan değerlendirmede SÇKM'si %25 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örnekleri (1 ve 2 No.lu reçete) renk açısından; SÇKM'si % 25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren (2 No.lu reçete), SÇKM'si %30 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örnekleri (4 ve 5 No.lu reçete) lezzet açısından; SÇKM'si %25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu reçete) kıvam açısından öne çıkan örnekler olmuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı ise SÇKM'si %% 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu reçete), SÇKM'si %25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren marmelat (2 No.lu reçete) ve SÇKM'si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (4 No.lu reçete) örnekleri almıştır.

Sonuç olarak Reb A kullanılarak üretilen düşük şekerli turunç marmelatı formülasyonları arasında, SÇKM içeriği %25 ve 30 oranında azaltılarak 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinin gerek fizikokimyasal gerekse duyusal özellikler bakımından üstün özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Düşük kalorili ürünlerin geliştirilmesinde Stevia bitkisinden elde edilen Reb A gibi doğal tatlandırıcıların şekere alternatif

olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu tip ürünlerin fonksiyonel ve besinsel özelliklerinin incelendiği daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışmada T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/HSGYAD/B/19/A3/P2/1212 No.lu proje verilerinden yararlanılmıştır. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### YAZAR KATKILARI

DYT çalışmayı planlamış ve marmelat üretim metodlarını uygulamış ve makale metnini hazırlamıştır. MT, HT, MG ve ABY laboratuvar analizlerini gerçekteştirmış, OK Reb A teminine ve çalışmanın planlanmasına katkıda bulunmuştur.

### KAYNAKLAR

Abolila, R. M., Barakat, H., El-Tanahy, H. A., El-Mansy, H. A. (2015). Chemical, nutritional and organoleptical characteristics of orange-based formulated low-calorie jams. *Food and Nutrition Sciences*, 6(13): 1229. doi: 10.4236/fns.2015.613129.

Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., Kheirouri, S. (2014). Impact of Using Stevia on Physicochemical, Sensory, Rheology and Glycemic Index of Soft Ice Cream. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 390-396. doi:4236/fns.2014.54047.

Altuğ, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas Medya Ltd. şti. İzmir.

Anonim (2006). Türk Gıda Kodeksi (TGK) Reçel, jöle, marmelat ve tatlandırılmış kestane püresi tebliği (2006/55). Tarım ve Orman Bakanlığı. 30 Aralık 2006 tarih ve 26392 sayılı Resmı Gazete, Ankara.

Artık, N. (1988). Isıl İşlemin Meyvelerde Neden Olduğu Değerşiklikler. *Gıda*, 13(4): 245-252.

Balaswamy, K., Rao, P. P., Rao, G. N., Nagender, A., Satyanarayana, A. (2014). Production of low calorie ready-to-serve fruit beverages using a natural sweetener, stevia (*Stevia rebaudiana* L.). *Focusing on Modern Food Industry*, 3, 59-65. doi: 10.14355/fmfi.2014.03.008.

Baltacı, C., Akşit, Z. (2016). Validation of HPLC Method for the Determination of 5-hydroxymethylfurfural in Pestil, Köme, Jam, Marmalade and Pekmez. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 3(2): 91-97. doi:10.17350/HJSE19030000037.

Barrett, D.M., Lloyd, B. (2012). Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1): 7-22. doi: 10.1002/jsfa.4718.

Basu, S., Shivhare, U. S., Singh, T. V. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 114(4): 465-476. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.08.035.

Belović, M., Torbica, A., Pajić-Lijaković, I., Mastilović, J. (2017). Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food Chemistry*, 237, 1226-1233. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.045.

Benzer Gürel, D. (2016). Cevap Yüzeyi Yöntemi Kullanılarak Stevia Özü İçeren Düşük Kalorili Böğerütle Reçeli Formülasyonunun Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 72 s.

Carvalho, A. C. G. D., Oliveira, R. C. G. D., Navacchi, M. F. P., Costa, C. E. M. D., Mantovani, D., Dacôme, A. S., Costa, S. C. D., (2013). Evaluation of the potential use of rebaudioside-A as sweetener for diet jam. *Food Science and Technology*, 33, 555-560. doi: 10.1590/S0101-20612013005000080.

Castro-Muñoz, R., Correa-Delgado, M., Córdova-Almeida, R., Lara-Nava, D., Chávez-Muñoz, M., Velásquez-Chávez, V. F., Hernández-Torres C. E., Gontarek-Castro E., Ahmad, M. Z. (2022). Natural sweeteners: Sources, extraction and



- current uses in foods and food industries. *Food Chemistry*, 370, 130991. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130991.
- Cemeroğlu, B. (2007). *Gıda analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, Türkiye, 535 s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan M. (2003). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi (3)*. Gıda teknolojisi derneği yayınları No:28, Ankara, Türkiye, 690 s. ISBN 975-93575-3-4.
- Correa, R. C. G., Sora, G. T. S., Haminiuk, C. I. W., Ambrosio-Ugri, M. C. B., Bergamasco, R., Vieira, A. M. S. (2011). Physico-chemical and sensorial evaluation of guava jam made without added sugar. *Chemical Engineering Transactions*, 24, 505-510.
- Dubey, A., Kumar, A., Rao, P. S. (2021). Development and storage study of reduced calorie aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) based pineapple fruit jam. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1): 961-975. doi:10.1007/s11694-020-00689-6.
- Durmuş, F. (2019). Bazı enginar (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) çeşitlerinden üretilen enginar reçellerinin fizikokimyasal ve kalite özelliklerinin araştırılması. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye.
- Ellouze, I., Debbabi, H., Belkacem, A., Rekik, B. (2011). Variation in physicochemical and sensory quality of sour orange (*Citrus aurantium* L.) marmalade from the Cap Bon region in North-East Tunisia. *Fruits*, 66(5): 315-325. doi:10.1051/fruits/2011045.
- Ersus, S., Cam, M. (2007). Determination of organic acids, total phenolic content, and antioxidant capacity of sour *Citrus aurantium* fruits. *Chemistry of Natural Compounds*, 43, 607-609. doi:10.1007/s10600-007-0203-1.
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., Nemati, A. (2020). Comparison of different drying methods on bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel waste: changes in physical (density and color) and essential oil (yield, composition, antioxidant and antibacterial) properties of powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2): 862-875. doi:10.1007/s11694-019-00334-x.
- Gasmalla, M. A. A., Yang, R., Hua, X. (2014). *Stevia rebaudiana* Bertoni: an alternative sugar replacer and its application in food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(4): 150-162. doi:10.1007/s12393-014-9080-0.
- Gürsoy, G. (1977). *Turuncgil Reçel Jele ve Marmelatları Yapım Tekniği*. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Turuncgiller Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Yayınları No:1, Antalya, Türkiye, 22 s.
- Jribi, S., Ouhabı, M., Boukhris, H., Damergi, C., Debbabi, H. (2021). Formulations of low-sugar strawberry jams: quality characterization and acute post-prandial glycaemic response. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2): 1578-1587. doi:10.1007/s11694-020-00747-z.
- Koç, E., Ömeroğlu, P. Y. (2020). Geleneksel Anjelika Reçelinin Toplam Antioksidan Kapasite, Toplam Fenolik Madde Ve In Vitro Sindirim Modeli İle Biyoerişilebilirliğinin Belirlenmesi, *Gıda*, 45(1), 171-181.
- Majzoobi, M., Mohammadi, M., Mesbahi, G., Farahnaky, A. (2018). Feasibility study of sucrose and fat replacement using inulin and rebaudioside A in cake formulations. *Journal of Texture Studies*, 49(5): 468-475. doi:10.1111/jtxs.12330.
- Morais Ferreira, J. M., Azevedo, B. M., Silva, F. G. D. E., Luccas, V., Bolini, H. M. A. (2016). Isosweetness concentrations of sucrose and high-intensity sweeteners and antioxidant activity in white chocolate with functional properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(9): 2114-2122. doi: 10.1111/ijfs.13190.
- Moufida, S., Marzouk, B. (2003). Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry*, 62(8): 1283-1289. doi:10.1016/S0031-9422(02)00631-3.
- Moulehi, I., Bourgo, S., Ourghemmi, I., Tounsi, M. S. (2012). Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of

- mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. *Industrial Crops and Products*, 39, 74-80. doi:10.1016/j.indcrop.2012.02.013.
- Naknaen, P., Itthisoponkul, T. (2015). Characteristics of cantaloupe jams as affected by substitution of sucrose with xylitol. *International Journal of Fruit Science*, 15(4): 442-455. doi:10.1080/15538362.2015.1031433.
- Nalesso-Leao, C. C. F., Milani, P. G., Formigoni, M., Zorzenon, M. R. T., Dacome, A. S., Monteiro, A. R. G., Costa, S. C. D. (2020). Substituting sucralose with rebaudioside A in soy foods: equivalent sweetness, physicochemical analysis, microbiological assessment and acceptance test. *Food Science and Technology*, 40, 410-414. doi: 10.1590/fst.30119.
- Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., Heshmati, A. (2021). Optimization of physicochemical, textural, and rheological properties of sour cherry jam containing stevioside by using response surface methodology. *Food Science and Nutrition*, 9(5): 2483-2496. doi: 10.1002/fsn3.2192.
- Nowak, A., Janoszka, B., Szumska, M., TyrpieÅ, K. (2021). Furfural, Hydroxymethylfurfural and Furosine as Maillard Reaction Markers in Fruit Based Foods Including Jams and Baby Food. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(3): e1384-e1384. doi:10.15414/jmbfs.1384.
- Özcan-Sinir, G., Özkan-Karabacak, A., Tamer, C. E., Çopur, O. U. (2018). The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*), *Food Science and Technology*, 39, 475-484. doi:10.1590/fst.34417.
- Özdoğan, F. (2006). Domates Reçel Ürünlerinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye, 87 s.
- Öztürk, Ş. (2023). Rebaudiosit A Kullanılarak Düşük Şekerli Portakal Marmelatı Üretimi ve Duyusal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 21(1): 57-69. doi:10.24323/akademik-gida.1274035.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1): 36-60, doi:10.1007/s11947-012-0867-9.
- Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M.N., Ereifej, K., Al-u'datt, M. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6): 1096-1102, doi:10.1002/jsfa.4289.
- Saveski, A., Stamatovska, V., Pavlova, V., Kalevska, T., Spirovska Vaskoska, R. (2015). Sensory analysis of raspberry jam with different sweeteners. *Food Science, Engineering And Technologies, Scientific Works*, 294-297.
- Sutwal, R., Dhankhar, J., Kindu, P., Mehla, R. (2019). Development of low calorie jam by replacement of sugar with natural sweetener stevia. *International Journal of Current Research and Review*, 11, 9-16. doi:10.31782/IJCRR.2019.11402.
- Şahin, R. (2006). Düşük Kalorili Greyfurt Kabuğu Reçeli Eldesinde Bazı Katkı Maddelerinin Kaliteye Etkisinin İncelenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 83 s.
- Şirin, P. (2019). Rheological, textural, physicochemical and sensory properties of low sugar apple marmalade, İzmir Institute of Technology Master's thesis, İzmir, Türkiye, 140 p.
- Tontul, I., Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil), *LWT*, 80, 294-303. doi:10.1016/j.lwt.2017.02.035.
- Turhan, I. (2014). Relationship between sugar profile and D-pinitol content of pods of wild and cultivated types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). *International Journal of Food Properties*, 17(2): 363-370. doi:10.1080/10942912.2011.631255.
- Vatansever, H. (2016). Ahç (*Crataegus tanacetifolia*, *Crataegus monogyna*) Meyvesi Çeşitlerinden Üretilen Marmelat ve Reçellerin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen

Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Türkiye, 90 s.

Wölwer-Rieck, U., Tomberg, W., Wawrzun, A. (2010). Investigations on the stability of stevioside and rebaudioside A in soft drinks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23): 12216-12220. doi:10.1021/jf102894v.

Yılmaz, F. (2016). Enerjisi azaltılmış reçel üretiminde stevia ekstraktının kullanılabilirliğinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye, 67 s.

## ZEYTİN PİRİNASININ MİKRODALGA KURUTULMASINDA ULTRASES ÖN İŞLEMİNİN ÜRÜNÜN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Kadriye Altay<sup>1\*</sup>, Gülşah Çalışkan Koç<sup>2</sup>, Arda Akdoğan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Eşme, Uşak, Türkiye

<sup>3</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

Geliş/Received: 24.03.2023; Kabul /Accepted: 31.07.2023; Online baskı /Published online: 11.08.2023

Altay, K., Çalışkan Koç, G., Akdoğan, A. (2023). Zeytin pırasasının mikrodalga kurutulmasında ultrases ön işleminin ürünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkisi. GIDA (2023) 48 (4) 888-899 doi: 10.15237/ gida.GD23037

*Altay, K., Çalışkan Koç, G., Akdoğan, A. (2023). Effect of ultrasound pretreatment on some physical and chemical properties of the product in microwave drying of olive pomace. GIDA (2023) 48 (4) 888-899 doi: 10.15237/ gida.GD23037*

### ÖZ

Bu çalışmada, mikrodalga kurutma öncesi zeytin pırasasına uygulanan ultrases ön işleminin kurutulmuş pırasanın fizikokimyasal kompozisyonu (nem, su aktivitesi ve renk), toz ürün özellikleri üzerine biyoaktif bileşenleri (toplam flavonoid, fenolik madde içeriği), antioksidan aktivitesi ve mineral madde içeriği özelliklerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, pırına örneklerine 10 dakika ultrases ön işlemleri uygulanmış ve örnekler 460W güçte 8 dakika süre ile mikrodalga fırında kurutulmuştur. Kurutma sonrası örneklerin nem içerikleri %5 (yaş bazda)'ın altına düşmüştür. Ultrases ön işleminin kurutulmuş pırasanın *b\**, kroma ve esmerleşme indeksi değerlerini azalttığı gözlenmiştir. Toz formdaki kurutulmuş pırına örneklerinin iyi akabilirlik ve düşük yapışkanlık özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Ultrases ön işleminin pırasaların flavonoid ve fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite özelliklerini azalttığı tespit edilmiştir. Ultrases ön işleminin örneklerin demir, nikel, alüminyum, mangan, kurşun ve potasyum içeriklerinde artış meydana getirdiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Pırına, ultrases, mikrodalga kurutma, antioksidan, mineral

## EFFECT OF ULTRASOUND PRETREATMENT ON SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE PRODUCT IN MICROWAVE DRYING OF OLIVE POMACE

### ABSTRACT

In this study, the effects of ultrasound pretreatment (US) applied to olive pomace (OP) before microwave drying on the physicochemical composition (moisture, water activity and color), powder properties bioactive compounds (total flavonoid, phenolic content), antioxidant activity, and mineral

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉:kadriye\_ergun55@hotmail.com

☎: (+90) 232 462 7073

☎: (+90) 232 435 7042

Kadriye Altay; ORCID no: 0000-0002-3907-3608

Gülşah Çalışkan Koç; ORCID no: 0000-0002-6542-3093

Arda Akdoğan; ORCID no: 0000-0002-8537-5914

content was investigated. For this purpose, US was applied to the OP for 10 min and the samples were dried in a microwave oven at 460W for 8 min. The moisture content of the dried OP decreased below 5% (wet basis). The US reduced the  $b^*$ , chroma, and browning index values of dried OP. The dried OP in powder form had good flowability and low stickiness. The US reduced the amount of total flavonoid and phenolic content and antioxidant activity properties of OP. The US caused an increase in the iron, nickel, aluminum, manganese, lead, and potassium contents of the OP.

**Keywords:** Olive pomace, ultrasound, microwave drying, antioxidant, mineral content

### GİRİŞ

Zeytinyağı üretimi sırasında açığa çıkan yan ürünlerden biri olan pirina, zeytinin yağa işlenmesi sonucunda açığa çıkmakta, çekirdek ve etli kısımdan oluşmaktadır (Keleş, 2015). Pirinanın, % 3-6 oranında zeytinyağı ve % 40-65 oranında nem içerdiği bilinmektedir (Çelen vd., 2015). Biyoaktif bileşenlerce zengin pirina, hayvan yemi ve gübre olarak değerlendirilmekte ve pirinanın hayvansal ürün kalitesinin artmasına katkı sağladığı belirtilmektedir (Vasta ve Luciano, 2011; Akbağ ve Çetinkestane, 2021). Pirinanın yakıt olarak kullanımı da oldukça yaygındır (Koçer, 2013).

Zeytinyağı üretiminde, 2-fazlı ve 3-fazlı ekstraksiyon sistemleri kullanılmaktadır. Ortaya çıkan atık, kullanılan sisteme bağlı olarak değişmektedir. 3-fazlı sistemde, su içeriği % 40-45 oranında pirina ve karasu, 2-fazlı sistemde ise su içeriği % 55-70 oranında sulu pirina ve organik yükü düşük az miktarda atık su açığa çıkmaktadır. Organik madde yükü fazla olan karasuyun çevreye doğrudan atılmaması gerekmektedir. Bu yüzden 2-fazlı sistem daha çevreci bir yöntem olarak bilinmektedir (Moral ve Mendez, 2006).

Pirina, yüksek nem ve değişen yağ içeriği ile enzimatik ve mikrobiyal aktivite sergilemekte, kısa sürede bozulmakta ve çevre kirliliğine neden olduğu için orijinal hali ile depolanamamaktadır (Brlek vd., 2012). Pirinanın dayanıklılığını arttırıp pirinadan bir ekstraktın hazırlanması veya her halükârda katma değerli/ fonksiyonel gıda ürün formülasyonlarında kullanılabilmesi kurutma işlemi ile mümkün olmaktadır. Çözücü ile yağ moleküllerinin birleşmesi ve pirinadan elde edilen yağ miktarının fazla olması için pirina, kurutulmalıdır (Başkan, 2010). Kurutma işlemi, depolama sırasında pirinayı stabilize eder ve bazı bozunma reaksiyonlarını sınırlar, ancak belirli bir şekilde, pirinanın biyoaktif potansiyelini etkileyebilmektedir (Ahmad-Qasem vd., 2013).

Pirinanın bozulmasını engellemek amacıyla, uygun kurutma yöntemlerinin seçilerek kurutulması büyük önem arz etmektedir (Çelen vd., 2015). Kurutma işleminin, son ürünün vitamin, mineral, antioksidan ve renk gibi kalite özelliklerinde bazı kayıplara neden olabileceği bilinmektedir. Bu kayıpların engellenmesi için alternatif ön işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Bozkir ve Ergün, 2020). Mikrodalga, vakum, vurgulu elektrik, ultrases gibi ön işlemler son yıllarda kurutma öncesi ön işlem olarak uygulanmaktadır (Baysal ve İçier, 2012; İzli vd., 2019; Bozkir ve Ergün, 2020). Gıdada mikroskobik kanallar açarak kurutma esnasında iç direnci azaltan ve suyun uzaklaştırılmasını kolaylaştıran ultrases ön işlemi, daha düşük sıcaklıklarda kurutmaya olanak sağlamakta, kuruma işlem süresini kısaltmakta (enerji tüketimini azaltmakta) ve böylece ısıya duyarlı bileşenlerin korunmasına yardımcı olmaktadır (Huang vd., 2020). Kurutma işlemi öncesi ön işlem olarak uygulanmasının yanı sıra, ultrases uygulamaları bitki dokusuna etki ederek vakuol yapılarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, bitkisel tohumlarda lipit ve protein ekstraksiyonu, yağlık tohumlardan ise yağ ekstraksiyonunu gibi çeşitli ekstraksiyon işlemlerinde verimi ve hızı arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Aydar vd., 2021).

Pirina kurutma, pirinanın işlendiği tesislerde genellikle 40-80°C aralığında yüksek miktarda ürünün kurutulmasını sağlayan döner tip kurutucular ile gerçekleştirilmektedir (ÇTÜE, 2015). 3-fazlı pirina bu tip kurutucularda kolaylıkla kurutulurken 2-fazlı pirinanın yüksek nem ve şeker içeriğine sahip olması ve viskoz yapısı (Torrecilla vd., 2005) nedeni ile direkt olarak bu tip kurutucularda kurutulamamaktadır. Kurutma sırasında, 2-fazlı pirinada nemli bölgeler kalmakta ve ürün düşük ısı stabilitesinden dolayı kurutucu duvarlarına yapışmakta ve yapışma sebebiyle

kurutucunun alevlenme riski söz konusu olmaktadır (Arjona vd., 2005). Bu nedenle, 2-fazlı pirinanın kurutulmasında farklı yöntemlerin veya ön işlemlerin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada 2-fazlı pirinanın, alternatif bir yöntem olarak mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulması ve ultrases ön işleminin kurutmaya ve son ürünün kalite özellikleri (fizikokimyasal, toz ürün özellikleri, biyoaktif bileşenler, antioksidan aktivite ve mineral madde içeriği) üzerine etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Zeytincilik Araştırma Enstitüsü (Bornova, İzmir) bahçesinden (38° 27' 45.9936" ve 27° 22' 11.0964") 2021-2022 yıllarında, hasat edilen farklı çeşit zeytinlerden, 2-faz zeytinyağı üretimi sırasında açığa çıkan pirina, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Zeytinyağı Üretim Tesis'i'nden temin edilmiştir.

### Yöntem

#### Ultrases ön işlemi

Pirina (150 g) 250 mL' lik beher içerisinde Sonorex Super Ultrasonic Bath-RK-52 H (100% güç, 240 W, 35 kHz, hacim: 1.8 L, Berlin, Almanya) cihazında 25°C sıcaklıkta saf su içerisinde 10 dakika süre ile ultrases ön işlemine tabi tutulmuştur (US-10).

### Kurutma

Ultrases ön işlemi uygulanan (US-10) ve uygulanmayan (kontrol) pirina örnekleri kalınlığı 5 mm olacak şekilde petrilere konularak 460W mikrodalga gücünde 8 dakika süre ile mikrodalga fırında (Beko MD 16410-S, Türkiye) kurutulmuştur. Kuruma süresinin belirlenmesi amacıyla 40 g örnek cam petri (10,8 cm çap, 5 mm kalınlık) içinde mikrodalga fırının döner tablasına yerleştirilmiştir. Nem kaybını belirlemek üzere her dakikada bir  $\pm 0.001$  g hassasiyete sahip dijital terazi (Ohaus PR224/E, ABD) ile tartım alınmıştır. Kurutma işlemi pirina örneklerinin nem içeriği %5'in altına düşene kadar sürdürülmüş ve örneklerin kuruma süresi belirlenmiştir. Kuruma süresinin belirlenmesi için örneklerin boyutsuz nem oranı ( $MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$ ) hesaplanmıştır. Kurutma denemeleri iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

Tüm ağırlık ölçüm işlemleri kurutma rejiminin bozulmaması açısından en kısa süre içinde (yaklaşık 5 s) tamamlanmıştır. Örnekler petri kabının taban alanını tamamen kapsayacak şekilde yerleştirilmiştir. Kurutulan örnekler öğütücüde (Premier, PRG259, Türkiye) toz haline getirilerek analize alınmaya kadar +4°C'de saklanmıştır.

### Nem tayini

Yaş ve kurutulmuş pirina örneklerinin nem tayini 105°C'de etüvde gerçekleştirilmiş olup (Mémert UN110, Schwabach, Almanya), AOAC (1980) metodu uygulanmıştır. Örnekleri nem içerikleri yaş bazlı (yb) olarak ifade edilmiştir.

### Su aktivitesi (aw) tayini

Örneklerin su aktivitesi,  $\pm 0.001$  hassasiyete sahip su aktivitesi cihazı (LabTouch, Novasina, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir.

### Renk analizi

Yaş ve kuru pirinanın renk değerleri, renk ölçüm cihazı (Konica Minolta Colorimeter CR-5, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerde  $L^*$  (parlaklık),  $a^*$  (+ kırmızı, - yeşil) ve  $b^*$  (+ sarı, - mavi) renk değerleri ölçülmüştür. Toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ), Kroma, Hue Açısı ( $H^\circ$ ) ve Esmerleşme İndeksi (BI) değerleri sırasıyla Eşitlik 1-5 kullanılarak hesaplanmıştır (Pathare vd., 2013).  $L_0$ ,  $a_0$  ve  $b_0$  değerleri yaş pirinaya ait referans değerleridir.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2} \quad (1)$$

$$Kroma = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$H^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (3)$$

$$BI = \frac{100 \times (x - 0,31)}{0,17} \quad (4)$$

$$x = \frac{(a^* + 1,75L^*)}{(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)} \quad (5)$$

### Toz ürün analizleri

Yığın yoğunluğu ( $Q_{yığın}$  (kg/m<sup>3</sup>), sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ( $Q_{sıkıştırılmış}$  (kg/m<sup>3</sup>) ve ıslanabilirlik analizleri Jinapong vd. (2008) yöntemine göre

yapılmıştır. Kuru pirinanın akabilirlik ve yapışkanlık değerleri Carr İndeks (CI) ve Hausner Oranı (HR) değerlerine göre belirlenmiştir (Jinapong vd., 2008) (Eşitlik 6 ve 7). CI değerleri, çok iyi (<15), iyi (15-20), orta (20-35), kötü (35-45), ve çok kötü (>45) olarak; HR değerleri düşük (<1.2), orta (1.2-1.4) ve yüksek (>1.4) olarak sınıflandırılmıştır (Jinapong vd., 2008).

$$CI = \frac{(\rho_{\text{sıkıştırılmış}} - \rho_{\text{yığın}})}{\rho_{\text{sıkıştırılmış}}} \times 100 \quad (6)$$

$$HR = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}}}{\rho_{\text{yığın}}} \quad (7)$$

### Toplam flavonoid, fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri

Beş gram (5 g) pirina örneği ve 25 mL metanol, mekanik çalkalayıcıda (IKA, Almanya) 24 saat karıştırıldıktan sonra karışım süzölmüş ve toplam flavonoid, fenolik madde ve antioksidan analizleri için kullanılmıştır. Antioksidan aktivite, FRAP, DPPH ve ABTS olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

### Toplam flavonoid analizi

500 µL örneğe 3200 µL metanol (%30 v/v) ilave edilmiştir. Karışım iyice çalkalanmış ve üzerine 150 µL 0,5 M NaNO<sub>2</sub> ve 150 µL 0,3 M AlCl<sub>3</sub> eklenmiştir. Beş dakika bekletilmiş ve 1 mL 1 M NaOH çözeltisi ilave edildikten sonra 10 dk daha bekletilip 506 nm'de spektrofotometrede örneklerin absorbansı okunmuştur. Kör olarak 500 µL saf su kullanılmış ve standartlardan 500 µL alınıp aynı işlemler yapılmıştır. Örneklerin toplam flavonoid miktarları; Kersetin (Etanolde) (25, 50, 100, 200, ve 400 µg/mL) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak toplam flavonoid mg Kersetin Eşdeğeri (QE)/kg örnek olarak ifade edilmiştir (Kasangana vd., 2015).

### Toplam fenolik madde analizi

300 µL örnek üzerine 3,4 mL saf su ilave edildikten sonra 0,5 mL methanol ve 200 µL folin-ciocalteu's reaktifi ilave edilerek karıştırıldıktan sonra 10 dakika oda şartlarında bekletilmiş ve örneklerin üzerine 600 µL %10 lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilmiştir. Son karışım 120 dakika oda şartlarında karanlıkta bekletildikten

sonra örneklerin absorbansı spektrofotometrede 760 nm'de okunmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları; gallik asidin (GA, 20, 40, 60, 80, 120 ve 160 µg/mL) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak toplam fenolik mg GA Eşdeğeri/ kg örnek olarak hesaplanmıştır (Kasangana vd., 2015).

### Toplam antioksidan aktivite analizi

500 µL örnek alınmış ve 2500 µL saf su ilave edilmiştir. Karışıma 1000 µL molybdate reaktifi ilave edilip karıştırıldıktan sonra ve 90 dakika 95 °C su banyosunda ağızları kapalı biçimde bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin soğuması beklenir. Kör olarak örnek yerine 500 µL saf su kullanılmıştır. Örneklerin absorbansı 695 nm'de spektrofotometrede okunmuş ve standartlardan 500 µL alınıp aynı işlemler yapılmıştır. Örneklerin toplam antioksidan madde miktarları; Askorbik asidin (AA, 25, 50, 100, 150, 2050, 400 ve 800 µg/mL) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak toplam antioksidan mgAAE/kg örnek olarak tespit edilmiştir (Prieto vd., 1999).

### Toplam demir indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP)

250 µL örnek üzerine 2750 µL FRAP çözeltisi ilave edilmiş ve 30 dk bekletilmiştir. Örneklerin FRAP madde miktarları; FeSO<sub>4</sub> (5, 10, 25, 75, 100 ve 150 µL/ mL) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak toplam demir indirgeme kapasitesi mg FeSO<sub>4</sub> Eşdeğeri / kg olarak tespit edilmiştir (Ahmed vd., 2015).

### DPPH serbest radikal temizleme aktivitesi

100 µL örneğin üzerine 3000 µL DPPH çözeltisi ilave edilir ve karıştırıldıktan sonra 30 dk bekletilir. Elde edilen çözeltinin 517 nm' de spektrofotometrede absorbansı okunmuştur. Kör olarak 100 µL metanol kullanılmış ve standart (Askorbik asit) 100 µL alınıp aynı işlemler yapılır (Ahmed vd., 2015).

### Radikal katyonu süpürücü etki tayini (ABTS●+)

150 µL örneğe 2850 µL ABTS çözeltisi ilave edilmiş ve örnekler 120 dk karanlıkta bekletilmiş

ve örneklerin 734 nm'de absorbanları spektrofotometrede okunmuştur (Ahmed vd., 2015).

### Mineral madde

Mineral madde analizi, Bubert ve Hagenah'ın (1987) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Bu yöntem göre, yakma kabına 0,5 gr örnek konulmuş ve üzerine 5 mL HNO<sub>3</sub>+ 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenmiştir. Numuneler mikrodalga fırında (Berghoff Instruments, Eningen, Almanya) sırasıyla 180, 200 ve 220°C'de 5 dakika yakılarak, elde edilen solüsyon distile su ile 50 mL'ye seyreltilmiştir. Mineral madde analizleri ((Cr, Mg, K, Fe, Zn, Cu, Al, Mn, Cd, Co, Ni, Pb and Ca) indüktif olarak eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES, Varian Vista Modeli, Avustralya) ile belirlenmiştir.). Element miktarları aşağıdaki denklik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$Konsantrasyon (ppm) = \frac{C \times V \times S}{m} \quad (8)$$

C= Sıvı fazda ölçülen konsantrasyon (mg/L)

V= Yakmadan sonraki son hacim (mL)

S= Seyreltme faktörü

M= Örnek miktarı (g)

Sonuçlar mg/kg olarak kuru örnek ağırlığı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

### İstatistiksel analiz

Kurutma denemeleri iki tekrar, analizler ise üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneysel veriler SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., ABD) ile %95 güven aralığında varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiş ve ortalamalar Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

### Nem içeriği ve su aktivitesi (aw)

2 fazlı taze pirinanın başlangıç nem içeriği %68 (yaş bazlı) olarak bulunmuştur. Ultrases ön işlemi uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pirina örneklerinin mikrodalga kurutma sonrası nem içerikleri %5'in altına düşmüştür. Ultrases ön işleminin pirina örneklerinin nem içeriklerine etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ( $P<0,05$ ). Yapılan ön işlem pirina örneklerinin nem içeriğini arttırmıştır. Uygulanan ultrases ön işlemi dokulara zarar vermiş ve örnekler daha fazla su absorbe

etmiş olabilir. Bu durum nem içeriğinin ultrases ön işlemi uygulanmış örneklerde daha yüksek olmasının nedeni olarak açıklanabilir. Benzer şekilde, ultrases ön işleminin gölevez püresinin köpük kurutulmasına etkisinin incelendiği bir çalışmada, ultrases uygulanmış örneklerin nem içeriklerinin ultrases uygulanmayan örneklerin nem içeriklerinden daha yüksek olduğu belirtilmiş ve bu durumun ultrases uygulamasının dokulara verdiği tahribat sebebiyle ultrases uygulanmış örneklerin suyu daha çok absorbe etmesi ile açıklanmıştır (Çalışkan-Koç vd., 2020). Literatür incelendiğinde, yapılan bu çalışmada elde edilen nem değerlerine yakın sonuçlar ile karşılaşılmıştır. 2 fazlı pirinanın nem değerlerinin %65-67,65 arasında değiştiği, akışkan yatak, döner, kombine (mikrodalga+konveksiyonel fırın), valsli ve tepsili kurutulucularla kurutulan pirina örneklerinin nem içeriklerinin ise %4,6-8 arasında değiştiği belirtilmiştir (Torrecilla vd., 2005; Arjona vd., 2005; Milczarek vd., 2011; Vega-Galvez vd., 2010; Baysan, 2018).

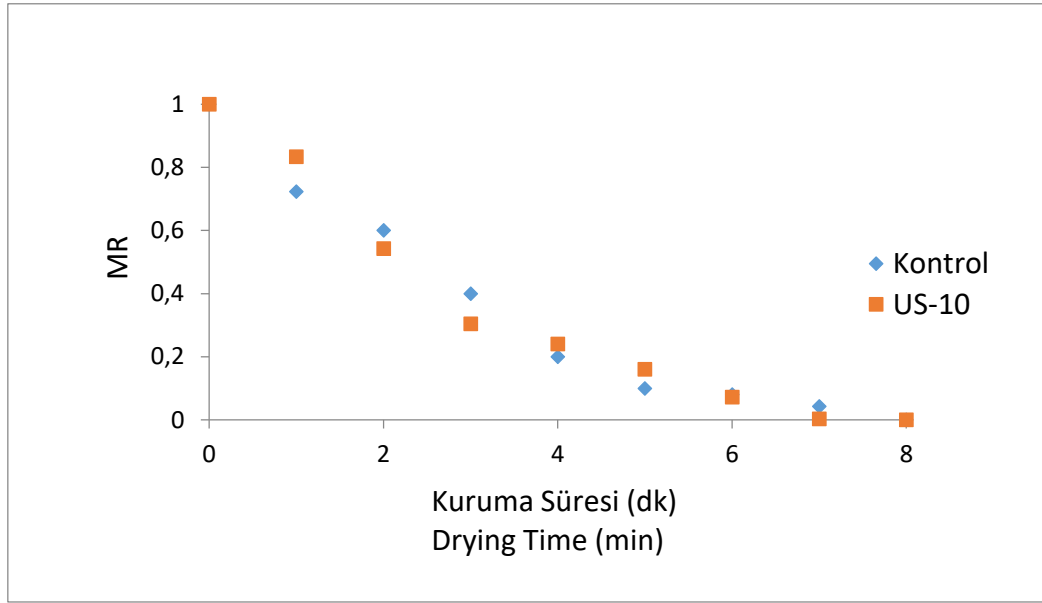
Kuru pirina örneklerinin su aktivitesi 0,3'ün altında bulunmuştur. Bu değer dikkate alındığında, kuru örneklerin mikrobiyolojik olarak güvenli sınırlar içinde olduğu söylenebilir. Nem içeriklerine benzer şekilde, ultrases ön işlemi örneklerin su aktivitesi değerlerini istatistiksel olarak artırmıştır ( $P < 0.05$ ). Yapılan bu çalışmaya yakın bir sonuç olarak, basınçlı hava kurutucuda 50, 70, 90, 120 ve 150°C sıcaklıkta kurutulmuş pirina örneklerinin su aktivitesi değerlerinin 0,4'ün altında olduğu belirtilmiştir (Ahmad-Qasem vd., 2013).

Pirina örneklerinin kurutma işlemi süresince ağırlık değişimi takip edilmiş ve boyutsuz nem oranı değerleri hesaplanmıştır. Pirina örneklerinin boyutsuz nem oranı değerlerinin kuruma zamanına bağlı değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Pirina örneklerinin MR değerleri kuruma süresine bağlı olarak azalma göstermiştir. Mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 6. dakikadan sonra MR değerindeki değişimlerin büyük oranda azaldığı görülmüştür. Ultrases ön işlemi uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin toplam kuruma süresi 8 dakika olarak belirlenmiştir. Sadi ve Meziane (2015), 170, 340 ve



510 W mikrodalga gücünde kuruttukları pirina örneklerinin MR değerlerinin kuruma zamanına bağlı değişimini incelemişlerdir. Kuruma eğrisinin bizim çalışmamıza benzer bir eğilim gösterdiği ve 510 W mikrodalga gücünde kurutulan pirina örneklerinin kurutulmasının 7 dakikada tamam-

landığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmaya benzer bir şekilde, bizim çalışmamızda pirina örnekleri 8 dakikada kurumuştur. Başlangıç örneğinin nem içeriği, mikrodalga gücü, vb. örneklerin kuruma süresindeki farka neden olmuş olabilir.



Şekil 1. Boyutsuz nem içeriği (MR) değerlerinin kuruma zamanına bağlı değişimi  
Figure 1. Changes in the moisture ratio values (MR) depending on drying time

### Renk analizi

Taze pirinanın  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla 27.77, 5.87 ve 5.41 olarak ölçülmüştür. Kuru pirina örneklerine ait renk analizi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Kurutulmuş pirina örneklerinin  $L^*$  değerlerini taze örneğe kıyasla daha yüksek,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ise daha düşük bulunmuştur. Üründen suyun uzaklaşması, ısı etkisiyle meydana gelen kimyasal reaksiyonlar bu durumun nedeni olarak açıklanabilir. Ultrases ön işleminin uygulanmış örneklerin renk değerleri, kontrole kıyasla daha düşük bulunmuştur. Ancak, ultrases ön işleminin, örneklerin  $b^*$ , kroma ve esmerleşme indeksi değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuş ( $P < 0,05$ ), diğer renk özellikleri üzerinde etkisi ise önemsiz bulunmuştur ( $P > 0,05$ ). Meyve sebzelerin depolama ve kurutma esnasında esmerleşme reaksiyonunda rol alan polifenoloksidaz (PPO) enziminin inaktif hale getirilmesinde ultrases işleminin etkili olduğu ve istenmeyen kahverengi pigmentlerin oluşumunu

azalttığı veya durdurduğu bildirilmiştir (Wang vd., 2019). Yapılan bu çalışmada da, ultrases ön işleminin kuru pirina örneklerinin esmerleşme indeksini azaltmıştır. Yapılan diğer bir çalışmada, armut, elma ve çilek pürelerine uygulanan 10 dakikalık ultrases işleminin pürelerin PPO aktivitesinde önemli azalmaya neden olduğu ve bu azalmanın ultrasesin oluşturduğu hücreler arası boşluğun mekanik ve kimyasal etkilerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Raviyan vd., 2005; Sulaiman vd., 2015).

### Toz ürün analizleri

Örneklerin toz ürün analizlerine ait değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Ultrases ön işleminin uygulanmış ve uygulanmamış kuru pirina örneklerinin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri, Carr İndeksi (CI), Hausner oranı (HR) ve ıslanabilirlik süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $P > 0,05$ ). Ultrases ön işleminin uygulanmamış ve

uygulanmış örneklerin yığın yoğunluğu değerleri sırasıyla 0.53 g/mL ve 0.52 g/mL olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmadan farklı olarak püskürtmeli kurutucu ile farklı sıcaklıklarda kurutulan pirina örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerinin 0.05-0.19 g/mL arasında değişen değerler aldığı belirtilmiştir (Paini vd., 2015). Jinapong vd. (2008), Carr İndeks değerlerinin çok iyi (<15), iyi (15-20), orta (20-35), kötü (35-45) ve çok kötü (>45) olmasına göre akabilirlik özelliğini, Hausner oranlarının düşük (<1.2), orta (1.2-1.4) ve yüksek (>1.4) olmasına göre yapışkanlık özelliğini açıklamışlardır. Bu çalışmada, kuru pirina örneklerinin iyi akabilirlik ve düşük yapışkanlık özelliğine sahip olduğu sonucuna

varılmaktadır. Bu durumun nedeni, kuru pirina örneklerinin düşük nem içeriği ile açıklanabilir. Ultrases ön işlemleri uygulanmış (15.62 s) ve uygulanmamış (14.55 s) örneklerin ıslanabilirlik süreleri birbirine yakın bulunmuştur. Çalışkan-Koç vd. (2020) yaptıkları çalışmada gölevez püresine ultrases ön işlemleri uygulayarak köpük kurutma yöntemi (sıcak havada, mikrodalga fırında ve sıcak hava+mikrodalga fırında) uygulamışlar ve ultrases ön işlemin genellikle önemli ölçüde daha yüksek ıslanabilirlik süreleri ile sonuçlandığını belirtmişlerdir. Bu durumun nedeninin, hücre içine su girişini engelleyen hasarlı bir hücre yapısı olabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 1. Kuru pirina örneklerine ait renk değerleri

Table 1. Color values of dried olive pomace samples

| Örnekler<br>Samples | L*                      | a*                     | b*                     | ΔE                      | Hue Açısı(°)<br>Hue Angle(°) | Kroma<br>Chroma        | Esmerleşme İndeksi<br>Browning Index |
|---------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Kontrol<br>Control  | 42.43±1.06 <sup>a</sup> | 3.79±0.15 <sup>a</sup> | 4.54±0.28 <sup>b</sup> | 14.84±0.96 <sup>a</sup> | 50.03±1.02 <sup>a</sup>      | 5.92±0.49 <sup>b</sup> | 17.55±1.12 <sup>b</sup>              |
| US-10<br>US-10      | 41.71±0.98 <sup>a</sup> | 3.11±0.18 <sup>a</sup> | 3.42±0.41 <sup>a</sup> | 14.37±1.12 <sup>a</sup> | 47.45±2.06 <sup>a</sup>      | 4.62±0.27 <sup>a</sup> | 13.74±0.96 <sup>a</sup>              |

Kontrol: Ultrases ön işlemleri uygulanmamış örnek. US-10: Ultrases ön işlemleri uygulanmış örnek. <sup>a-b</sup>Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir (P <0.05).

Control: The sample without ultrasound pretreatment. US-10: The sample with ultrasound pretreatment. <sup>a-b</sup>Different letters in the same column indicate statistically significant difference (P <0.05).

Çizelge 2. Kuru pirina örneklerine ait toz ürün özellikleri

Table 2. Powder properties of dried olive pomace samples

| Örnekler<br>Samples | Yığın yoğunluğu<br>(g/mL)<br>Bulk density<br>(g/mL) | Sıkıştırılmış yığın<br>yoğunluğu (g/mL)<br>Tapped<br>density (g/mL) | Carr İndeks (CI)<br>Carr Index (CI) | Hausner Oranı<br>(HR)<br>Hausner Ratio<br>(HR) | Islanabilirlik<br>(s)<br>Wettability (s) |
|---------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kontrol<br>Control  | 0.53±0.00 <sup>a</sup>                              | 0.64±0.01 <sup>a</sup>                                              | 15.79±0.96 <sup>a</sup>             | 1.19±0.12 <sup>a</sup>                         | 14.55±0.69 <sup>a</sup>                  |
| US-10<br>US-10      | 0.52±0.00 <sup>a</sup>                              | 0.61±0.03 <sup>a</sup>                                              | 15.38±0.85 <sup>a</sup>             | 1.18±0.21 <sup>a</sup>                         | 15.62±1.12 <sup>a</sup>                  |

Kontrol: Ultrases ön işlemleri uygulanmamış örnek. US-10: Ultrases ön işlemleri uygulanmış örnek. <sup>a-b</sup>Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir (P <0.05).

Control: The sample without ultrasound pretreatment. US-10: The sample with ultrasound pretreatment. <sup>a-b</sup>Different letters in the same column indicate statistically significant difference (P <0.05).

### Toplam flavonoid, fenolik madde ve antioksidan aktivite

Ultrases ön işlemleri uygulanan ve uygulanmayan kuru pirina örneklerinin toplam flavonoid ve fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri Çizelge 3'te verilmiştir. Ultrases ön işlemleri, pirinaların toplam flavonoid ve fenolik madde ve antioksidan aktivitesi (FRAP, FeSO<sub>4</sub>, DPPH ve

ABTS) değerlerini önemli ölçüde azaltmıştır (P<0.05). Bu durumun nedeni ultrases uygulamasıyla bozulmuş hücre duvarı nedeniyle polifenol oksidaz enziminin salınması olarak açıklanabilir. Benzer bir şekilde, Ozkan vd. (2022) üzümlemleri sıcak havada (60°C ve 2 m/s), dondurarak (-80°C), vakum altında (60 mbar) ve ultrases destekli (20 kHz) vakum altında kurutma

işlemine tabi tutmuşlar ve ultrases destekli vakumla kurutulmuş kuru üzümün toplam flavonoid ve fenolik madde kaybının en yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durumun kuruma süresinin uzun olması ve ultrases uygulamasıyla oluşan yapısal modifikasyonlar ve bozulmuş hücre duvarı nedeniyle polifenol oksidaz enziminin salınması ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Cruz vd. (2016) ultrases uygulamasının (21.7 kHz, 45W) oksidaz aktivasyonu ve hücre parçalanması nedeniyle konvektif olarak kurutulmuş üzüm kabuğunun toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesini (FRAP) azalttığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, ultrases uygulamasının etkisinin sıcaklıkla ilgisi olmadığını, sıcaklık uygulamasının antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriği artırdığını belirtmişlerdir. Aydar (2020) yaptığı çalışmada sofralık yeşil zeytin dilimlerini ultrases uygulayarak (5 ve 10 dk.) ve uygulamayarak mikrodalga fırında (180, 450 ve 800W) kurutulmuş ve ultrases ön işlemi ile elde edilen zeytin dilimlerinin toplam fenolik madde içeriğinin ön işlem uygulanmayanlara kıyasla daha

yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Araştırmacı, fenolik bileşiklerdeki bozunmanın; sonokimyasal ve oksidasyon reaksiyonlarından, sonikasyon sırasında serbest radikallerle artan etkileşimden kaynaklanıyor olabileceğini belirtmiştir. Yapılan bir çalışmada, ultrases ön işlemi ve mikrodalga kurutma parametrelerinin *Inula viscosa'nın* (L.) toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisi incelenmiş ve en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin maksimum ultrases ön işlemi (30 dakika, 37 kHz, 150W) ve en düşük mikrodalga kuruma süresinde (1 dakika) gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, ultrases ve mikrodalga uygulamalarının fenolik bileşiklerin daha yüksek ekstraksiyon verimine neden olabileceğini, ancak daha uzun mikrodalga uygulama sürelerinin de fenolik bileşikler yok edebileceğini iddia etmişlerdir (Aydar vd., 2022). Yapılan bu çalışmada, örneklerin toplam kuruma süresi 8 dakika olarak bulunmuştur. Kuruma süresinin kısalmasına bağlı olarak örneklerin toplam flavonoid ve fenolik madde içeriği ve buna bağlı olarak antioksidan aktivitesi artmış olabilir.

Tablo 3. Kuru pirina örneklerinin toplam flavonoid ve fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi (kuru bazda)

Çizelge 3. Total flavonoid and phenolic content and antioxidant activity of dried pomace samples (dry basis)

| Örnekler<br>Samples | Toplam<br>Flavanoid<br>mg QE/kg<br>Total Flavanoid<br>mg QE/kg | Toplam Fenolik<br>madde<br>mg GAE/kg<br>Total Fenolic<br>mg GAE/kg | Toplam<br>Antioksidan<br>mg AAE/kg<br>Total Antioxidant<br>mg AAE/kg | Antioksidan Aktivite<br>Antioxidant Activity |                             |                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                     |                                                                |                                                                    |                                                                      | FRAP<br>mg FeSO <sub>4</sub> /kg             | DPPH<br>mg AAE/kg           | ABTS<br>mg AAE/kg          |
| Kontrol<br>Control  | 7254.86±34.91 <sup>a</sup>                                     | 11831.64±47.86 <sup>a</sup>                                        | 14031.53±35.19 <sup>a</sup>                                          | 22359.98±343.90 <sup>a</sup>                 | 11877.25±44.39 <sup>a</sup> | 7890.72±86.34 <sup>a</sup> |
| US-10<br>US-10      | 6855.26±245.54 <sup>b</sup>                                    | 10201.20±139.99 <sup>b</sup>                                       | 12400.30±130.53 <sup>b</sup>                                         | 21975.83±174.73 <sup>b</sup>                 | 10610.53±70.31 <sup>b</sup> | 7436.06±80.67 <sup>b</sup> |

Kontrol: Ultrases ön işlemi uygulanmamış örnek. US-10: Ultrases ön işlemi uygulanmış örnek. <sup>a-b</sup>Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ( $P < 0,05$ ).

Control: The sample without ultrasound pretreatment. US-10: The sample with ultrasound pretreatment. <sup>a-b</sup>Different letters in the same column indicate statistically significant difference ( $P < 0,05$ ).

Pirinada bulunan fenolik maddelerin antioksidan, antimikrobiyal, antitümoral, antienflamatuvar, hipoglisemik vb. biyolojik aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir (Gullón vd., 2020). Toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivitesinin ilişki olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda, örneklerin toplam fenolik madde miktarında

meydana gelen azalmayla birlikte antioksidan aktivitesinin düşmesi beklenen bir sonuçtur. Sonuç olarak ultrases ön işlemi pirinanın hücre duvarı bileşenlerini bozarak (Garcia-Pérez vd., 2013) ve enzim salınımını ve dolayısıyla fenolik oksidasyonu kolaylaştırarak (Ghafoor et al. 2009)

toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitede düşüşe neden olmuş olabilir.

### Mineral madde analizi

Ultras ses ön işlemi uygulanmış ve uygulanmamış pirina örneklerinin kurutulması işlemi sonucunda elde edilen mineral madde içerikleri Çizelge 4’te verilmiştir. Pirinanın potasyum, kalsiyum ve magnezyum açısından zengin olduğu bilinmektedir. Pirinanın ayrıca demir, sodyum, alüminyum, manganez, çinko, bakır, bor ve

baryum içerdiği belirtilmiştir (Quero vd., 2022). Yapılan bu çalışmada da benzer bir şekilde kuru pirinanın potasyum, kalsiyum, sodyum, alüminyum ve demir bakımından zengin olduğu saptanmıştır. Ultras ses ön işlemi ile örneklerin demir, nikel, alüminyum, manganez, kurşun ve potasyum içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Diğer minerallerin miktarı ise genel olarak istatistiksel anlamda önemli oranda azalmıştır ( $P<0.05$ ).

Çizelge 4. Kuru pirinalara ait mineral madde içeriği (mg/kg, kuru bazda)  
Table 4. Mineral content of dried pomace samples (mg/kg, dry basis)

| Örnekler<br>Samples | Mineral maddeler<br>Mineral compounds |                             |                          |                          |                          |                          |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     | Fe                                    | Ca                          | Zn                       | Mg                       | Cu                       | Ni                       |
| Kontrol<br>Control  | 733.97±2.18 <sup>a</sup>              | 5093.92±12.88 <sup>a</sup>  | 51.39± 0.92 <sup>b</sup> | 332.21±1.87 <sup>b</sup> | 12.58± 0.23 <sup>a</sup> | 13.71± 0.49 <sup>a</sup> |
| US-10<br>US-10      | 851.14±2.13 <sup>b</sup>              | 5116.77± 19.10 <sup>a</sup> | 35.48± 0.69 <sup>a</sup> | 315.10±1.96 <sup>a</sup> | 12.51± 0.16 <sup>a</sup> | 14.27± 0.49 <sup>a</sup> |

| Örnekler<br>Samples | Mineral maddeler<br>Mineral compounds |                          |                         |                          |                            |                             |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                     | Al                                    | Mn                       | Pb                      | Cr                       | Na                         | K                           |
| Kontrol<br>Control  | 1097.75±14.19 <sup>a</sup>            | 31.66± 0.49 <sup>a</sup> | 2.54± 0.07 <sup>a</sup> | 34.59± 0.18 <sup>b</sup> | 2254.10±25.97 <sup>b</sup> | 10654.83±73.69 <sup>a</sup> |
| US-10<br>US-10      | 1231.71± 5.77 <sup>b</sup>            | 32.17± 0.62 <sup>a</sup> | 2.63± 0.09 <sup>a</sup> | 33.18± 0.41 <sup>a</sup> | 1568.28± 7.98 <sup>a</sup> | 11401.19±34.90 <sup>b</sup> |

Kontrol: Ultras ses ön işlemi uygulanmamış örnek. US-10: Ultras ses ön işlemi uygulanmış örnek. a-b Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Control: The sample without ultrasound pretreatment. US-10: The sample with ultrasound pretreatment. a-b Different letters in the same column indicate statistically significant difference ( $P<0.05$ ).

Ozkan vd. (2022) üzümlemleri vakum altında (60 mbar) ve ultras ses destekli (20 kHz) vakum altında (60 mbar) kurutma işlemine tabi tutmuşlar ve ultras ses uygulanmış kuru üzüm örneklerinin potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğinin uygulanmaya kıyasla daha yüksek, demir içeriğinin ise daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Kumar et al. (2023) yaptıkları çalışmada ultras ses işleminin (40 kHz, 70W, 30 dk., 25±2°C) omurga kabağının (*Momordica dioica* Roxb. Ex Willd) demir, kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde artışa neden olurken, bakır, fosfor ve sodyum içeriğinde azalışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bakır, fosfor ve sodyumdaki azalışın, ultras ses ön işlemi sırasında minerallerin suya geçmesinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ultras ses ön

işlemi nedeniyle hücre yapısı bozulmakta ve kavitasyon oluşmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ultras ses işleminin bazı mineral maddelerin artışına bazı mineral maddelerin ise azalışına neden olduğu gözlenmiştir.

### SONUÇ

Bu çalışmada pirina kurutulmasına alternatif bir yöntem olarak mikrodalga kurutma yöntemi uygulanmış ve kurutma öncesi uygulanan ultras ses ön işleminin kurutulmuş pirina örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ultras ses işleminin kuru pirinanın nem ve su aktivitesi değerlerini arttırdığı gözlenmiştir. Ultras ses ön işlemi kuru pirinanın b\*, kroma ve esmerleşme indeksi değerlerini azaltmıştır. Bu durumun, ultras ses ön işleminin

meyve sebzelerin, depolama ve kurutma esnasında esmerleşme reaksiyonunda rol alan polifenoloksidazın inaktif hale getirilmesi ve istenmeyen kahverengi pigmentlerin oluşumunu azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışma sonucunda ultrases uygulamasıyla fenolik madde içeriği ve buna bağlı olarak antioksidan aktivite kaybının hücre yapısındaki deformasyona bağlı olarak polifenol oksidaz enziminin salınmasıyla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir. Ultrases ön uygulamasıyla örneklerin demir, nikel, alüminyum, mangan, kurşun ve potasyum içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Sonuç olarak, ultrases uygulamasının mineraller üzerindeki etkisini anlamak ve minerallerin suya geçiş sürecini önlemeye/azaltmaya yönelik bir çözüm bulmak için daha fazla çalışma yapılabilir.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların makale ile ilgili herhangi bir kişi veya kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### YAZARLARIN KATKISI

Kadriye Altay, çalışmanın planlanması, üretimin gerçekleştirilmesi, analizlerin yapılması, sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması ve makalenin yazımında görev almıştır. Gülşah Çalışkan Koç, çalışmanın planlanması, sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması ve makalenin yazımında görev almıştır. Arda Akdoğan analizlerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesinde görev almıştır.

### KAYNAKLAR

Ahmad-Qasem, M. H., Barrajon-Catalan, E., Micol, V., Cárcel, J. A., Garcia-Perez, J. V. (2013). Influence of air temperature on drying kinetics and antioxidant potential of olive pomace. *Journal of Food Engineering*, 119(3): 516-524.

Ahmed, D., Khan, M.M., Saeed, R. (2015). Comparative analysis of phenolic, flavonoids, and antioxidant and antibacterial potential of methanolic, hexanic and aqueous extracts from *Adiantum caudatum* leaves. *Antioxidants*, 4: 394-409.

Akbağ, H.I., Çetinkestane, Ö.F. (2021). Farklı üretim sistemlerinden elde edilen zeytinyağı sanayi yan ürünlerin besleme değerinin belirlenmesi.

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU J. Agric. Fac.), 9 (2): 202–210.

AOAC. (1980). Official Methods of Analysis, AOAC International, 13th Edition, Washington DC, USA.

Arjona, R., Ollero, P., Vidal, F.B. (2005). Automation of an olive waste industrial rotary, *Journal of Food Engineering*, 68: 239-247.

Aydar, A.Y. (2020). Investigation of ultrasound pretreatment time and microwave power level on drying and rehydration kinetics of green olives. *Food Science and Technology*, 41, 238-244.

Aydar, A.Y., Aydın, T., Yılmaz, T., Kothakota, A., Terezia, S.C., Leontin, C.F., Pandiselvam, R. (2022). Investigation on the influence of ultrasonic pretreatment on color, quality and antioxidant attributes of microwave dried *Inula viscosa* (L.). *Ultrasonics Sonochemistry*, 90: 106184.

Aydar, A.Y., Yılmaz, T., Mataracı, C.E., Sağlam, T.B. (2021). Gıdaların kurutulmasında ultrason ön işleminin kullanımı. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 1165-1175.

Başkan, A. (2010). Zeytinyağı işletmelerinin atıkları ve değerlendirilme yolları. *T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı*, 1-3 s.

Baysal, T., İçier, F. (2012). *Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler*. Nobel Yayıncılık, Ankara, Türkiye.

Baysan, U. (2018). 2-faz pirina kurutmada yüksek kaliteli ürün hedefli kombine kurutma yönteminin geliştirilmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 183s.

Bozkir, H., Ergün, A. R. (2020). Effect of sonication and osmotic dehydration applications on the hot air drying kinetics and quality of persimmon. *LWT - Food Science and Technology*, 131: 109704.

Brlek, T., Voća, N., Krička, T., Lević, J., Vukmirović, Đ., Čolović, R. (2012). Quality of pelleted olive pomace for energy generation. *Agricolturae Conspectus Scientificus*, 77(1): 31–35.

Bubert, H., Hagenah, W.D. (1987). Detection and measurement. In P. W. J. M. Boumans (Ed.),

- Inductively coupled plasma emission spectroscopy (pp. 536–567). Wiley
- Cruz, L., Clemente, G., Mulet, A., Ahmad-Qasem, M. H., Barrajon-Catalan, E., Garcia-Perez, J. V. (2016). Air-borne ultrasonic application in the drying of grape skin: Kinetic and quality considerations. *Journal of Food Engineering*, 168: 251-258.
- Çalışkan Koç, G., Yüksel, A. N., Baş, E., Erdoğan, S. L. (2020). Foam mat drying of taro (*Colocasia esculenta*): The effect of ultrasonic pretreatment and drying techniques on the drying behavior, flow, and reconstitution properties of taro flour. *Journal of Food Process Engineering*, 43(11); e13516.
- Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S.S., Akyıldız, A. (2015). Zeytin pirinasının mikrodalga enerjisi kullanılarak kurutulması ve uygun tabaka modelinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (02): 21-31.
- ÇTÜE (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü) (2015), Zeytin sektörü atıklarının yönetimi projesi, Gebze/ Kocaeli.
- Garcia-Perez, J.V., Carcel, J.A., Simal, S., Garcia-Alvarado, M.A., Mulet, A. (2013). Ultrasonic intensification of grape stalk convective drying: kinetic and energy efficiency. *Drying Technology*, 31(8): 942-950.
- Ghafoor, K., Choi, Y.H., Jeon, J.Y., Jo, I.H. (2009). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11): 4988-4994.
- Gullón, P., Gullon, B., Astray, G., Carpena, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., Simal-Gandara, J. (2020). Valorization of by-products from olive oil industry and added-value applications for innovative functional foods. *Food Research International*, 137: 109683.
- Huang, D., Men, K., Li, D., Wen, T., Gong, Z., Sundén, B., Wu, Z. (2020). Application of ultrasound technology in the drying of food products. *Ultrasounds Sonochemistry*, 63: 104950.
- Izli, N., Taskin, O., Izli, G. (2019). Drying of lime slices by microwave and microwave combined convective methods. *Italian Journal of Food Science*, 31: 487–500.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84: 194–205.
- Kasangana, P.B., Haddad, P.S., Stevanovic, T. (2015). Study of polyphenol content and antioxidant capacity of *Myrianthus arboreus* (Cecropiaceae) root bark extracts. *Antioxidants*, 4: 410–426.
- Keleş, G. (2015). Zeytin posasının ruminantlar için besin ve besleme değeri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(10): 780-789.
- Koçer, O. 2013. Zeytin posası (pirina) üzerine malaşit yeşilinin sulu çözeltiden adsorpsiyonu. Kilis Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kilis, Türkiye, 67 s.
- Kumar, Y., Kheto, A., Singh, L., Sharanagat, V.S. (2023). Ultrasound pretreated hot air drying of spine gourd (*Momordica dioica* Roxb. Ex Willd): The effect on quality attributes. *Food Chemistry Advances*, 2: 100167.
- Milczarek, R.R., Dai, A.A., Otoni, C.G., McHugh, T.H. (2011). Effect of shrinkage on isothermal drying behavior of 2-phase olive mill waste. *Journal of Food Engineering*, 103: 434-441.
- Moral, P.S., Mendez, M.V.R. (2006). Production of pomace olive oil. *Grasas Y Aceites*, 57(1): 47-55.
- Ozkan, K., Karadag, A., Sagdic, O. (2022). The effects of different drying methods on the in vitro bioaccessibility of phenolics, antioxidant capacity, minerals and morphology of black 'Isabel' grape. *LWT*, 158: 113185.
- Paini, M., Aliakbarian, B., Casazza, A.A., Lagazzo, A., Botter, R., Perego, P. (2015). Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: A study of operative parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 177-186.

- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and bioprocess technology*, 6, 36-60.
- Quero, J., Ballesteros, L.F., Ferreira-Santos, P., Velderrain-Rodriguez, G.R., Rocha, C.M.R., Pereira, R.N., Teixeira, J.A., Martin-Belloso, O., Osada, J., Rodriguez-Yoldi, M.J. (2022). Unveiling the antioxidant therapeutic functionality of sustainable olive pomace active ingredients. *Antioxidants*, 11: 828.
- Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of Vitamin E1. *Analytical Biochemistry*, 269: 337-341.
- Raviyan, P., Zhang, Z., Feng, H. (2005). Ultrasonication for tomato pectinmethylesterase inactivation: effect of cavitation intensity and temperature on inactivation. *Journal of Food Engineering*, 70(2): 189-196.
- Sadi, T., Meziane, S. (2015). Mathematical modelling, moisture diffusion and specific energy consumption of thin layer drying of olive pomace. *International Food Research Journal*, 22(2): 494-501.
- Sulaiman, A., Soo, M.J., Farid, M., Silva, F.V. (2015). Thermosonication for polyphenoloxidase inactivation in fruits: modeling the ultrasound and thermal kinetics in pear, apple and strawberry purees at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 165: 133-140.
- Torrecilla, J.S., Aragon, J.M., Palancar, M. (2005). Modeling the drying of a high moisture solid with an artificial neural network. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44: 8057-8066.
- Vasta, V., Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants products quality. *Small Ruminant Research*, 101: 150-159.
- Vega-Galvez, A., Margarita, M., Diaz, L.P., Lopez, L., Rodriguez, K., Di Scala, K. (2010). Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake. *Bioresource Technology*, 101: 7265-7270.
- Wang, J., Xiao, H.-W., Ye, J.-H., Wang, J., Raghavan, V. (2019). Ultrasound pretreatment to enhance drying kinetics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) slices: Pros and Cons. *Food Bioprocess Technology*, 12: 865-876.

# İçindekiler / Content

## Araştırmalar (İngilizce) / Researches (English)

- Gülban, A. (2023). *Physicochemical, microbiological and sensory analyses of functional detox juices fermented with water kefir grains / Su kefir taneleri ile fermente edilmiş fonksiyonel detoks sularının fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal analizleri*.....715-727
- Gedikoğlu, A., Öztürk, H. İ., Aytay, E. (2023). *The effect of different solvents on chemical composition, antioxidant activity, and antimicrobial potential of Turkish Cistus creticus extracts / Farklı çözücülerin Türkiye'de yetişen Cistus creticus ekstraktlarının kimyasal kompozisyon, antioksidan aktivite ve antimikrobiyal potansiyeline etkisi*.....728-740
- Gumus, P., Ucan Turkmén, F., (2023). *Development of oat-based snack pastes with honey and coconut (Cocos nucifera L.) oil / Bal ve hindistan cevizi (Cocos nucifera L.) yağı ile yulaf bazlı atıştırmalık macunların geliştirilmesi*.....741-749
- Şahin Sakin T., Erol, R., Yıldırım, Z. (2023). *Efficacy of vinegar, thyme water and vB\_EcoM-P34 phage in inhibiting Escherichia coli O157:H7 in lettuce / Sirke, kekik suyu ve vB\_EcoM-P34 fajının marulda Escherichia coli O157:H7'nin inhibe edilmesi üzerine etkinliği*.....772-783
- Arı F., Sarıçoban, C., Şen Arslan, H. (2023). *The effect of pomegranate and grape seed extracts on the shelf life of goose meat during refrigerated storage / Nar ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının soğuk depolama sürecinde kaz etinin raf ömrüne etkisi*.....819-830
- Seçuk, E., Altay, Ö., Akçay Salık, R., Köprülalan Aydın, Ö., Kaymak Ertekin, F. (2023). *Ready-to-eat chickpea purée powder by drum drying; physicochemical, and rheological properties of powder product / Valsli kurutma ile tüketime hazır nohut püresi tozu; toz ürünün fizikokimyasal ve reolojik özellikleri*.....846-860

## Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Uzkuç, H., Çelebi Uzkuç N. M., Karagül Yüceer Y. (2023). *Cynara cardunculus proteazı kullanılarak üretilen keçi peynirinin duyuşsal özellikleri ve uçucu bileşen profili / Sensory properties and volatile profile of goat cheese produced using cynara cardunculus protease*.....683-697
- Şahin, B., Hendek Ertop, M. (2023). *Siyez (Triticum monococcum) ve buğday (Triticum aestivum) unu içerikli yaş tarhana ile üretilen çöreklerin biyoaktif, fizikokimyasal, duyuşsal ve raf ömrü kalite parametrelerinin incelenmesi / Investigation of bioactive, physicochemical, sensory and shelf life quality parameters of the buns incorporated in wet tarhana produced with einkorn (Triticum monococcum) and wheat (Triticum aestivum) flour*.....698-714
- Bıçakçı, G., Türker, D. N., Ertaş, E. (2023). *Etlık piliç göğüs etinin marine edilmesinde bazı antioksidan içerén marınatların kullanımı / Use of some antioxidant-containing marinades in marinating broiler breast meat*.....861-871
- Yıldız Turgut, D., Tanriseven, M., Bayır Yeğin, A., Gölükcü, M., Tokgöz, H., Kola, O. (2023). *Düşük şekerli turunç marmelatı üretiminde Rebaudioside A kullanımının araştırılması / The investigation of use of Rebaudioside A in the production of low-sugar bitter orange marmalade*.....872-887

## Derlemeler / Reviews

- Altay, K., Çalışkan Koç, G., Akdoğan, A. (2023). *Zeytin pirinasının mikrodalga kurutulmasında ultrasés ön işleminin ürünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkisi / Effect of ultrasound pretreatment on some physical and chemical properties of the product in microwave drying of olive pomace*.....888-899
- Yılmaz, E., Yüksel, Z. (2023). *Ekşi maya ve ekşi mayalı ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri / Sourdough and some technological properties of sourdough bread and its effects on health*.....750-771
- Korkmaz, F., Polat Kaya, H., Andaç, A. E., Yılmaz Tuncel, N. (2023). *Bitki esaslı süt benzeri içecekler / Plant-based milk analogues*.....784-806
- Şimşek, F., Çetin, B., Mutlu, C. (2023). *Arı ekmeğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve sağlık üzerine etkileri / Some physical and chemical properties of bee bread and its effects on health*.....807-818
- Ay, B., Başıyıt, B. (2023). *Vişne çekirdeği atığından üretilen pektinin soya bazlı bitkisel protein ile hidrojel oluşturma potansiyeli: Fenolik madde salınımı üzerine hidrojel doğasının etkisi / Hydrogel forming potential of pectin derived from sour cherry waste with soy-based plant protein: Effect of hydrogel nature on phenolic release*.....831-845