

GIDA

THE JOURNAL OF FOOD



E-ISSN 1309 - 6273, ISSN 1300 - 3070

CİLT / VOLUME : 47

SAYI / NUMBER : 2

YIL / YEAR : 2022

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	Danışma Kurulu / Advisory Board
ERİNÇ, Hakan; Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey	Akköse, Ahmet; <i>Atatürk University, Turkey</i> Ank, Gökşen G.; <i>Balıkesir University, Turkey</i> Atalar, İlyas; <i>Bolu Abant İzzet Baysal University, Turkey</i> Baysal, A. Handan; <i>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Turkey</i> Bezirtzoğlu, Eugenia; <i>Democritus University of Thrace, Greece</i> Bozkır, Hamza; <i>Sakarya Uygulamalı Bilimler University, Turkey</i> Çilak, Gizem Ö.; <i>Hittit University, Turkey</i> Draughon, Ann <i>Tennessee University, USA</i> El Soda, <i>Morsi University of Alexandria, Egypt</i> Erbay, Zafer; <i>Adana Bilim ve Teknik University, Turkey</i> Evren, Mustafa; <i>Ondokuz Mayıs University, Turkey</i> Fogliano, Vincenzo <i>University of Napoli Federico II, Italy</i> Gerçekaslan, K. Emre; <i>Neşehir Hacı Bektaş Veli University, Turkey</i> Ghosh, Bikash C. <i>National Dairy Research Institute, India</i> Gollop, Natan <i>The Volcani Center, ARO, Israel</i> Griffiths, Mansel <i>University of Guelph, Canada</i> Güneşer, Onur; <i>Uşak University, Turkey</i> Güven, Esra Ç.; <i>İstanbul Teknik University, Turkey</i> Ho, Chi-Tang <i>The State University of New Jersey, USA</i> Hoşoğlu, Müge I.; <i>Gebze Teknik University, Turkey</i> Hüner, İrem D.; <i>Trakya University, Turkey</i> Kahraman, Kevser; <i>Abdullah Gül University, Turkey</i> Karaca, Hakan; <i>Pamukkale University, Turkey</i> Koçan, Deniz; <i>Aksaray University, Turkey</i> Konuşkan, Dilşat B.; <i>Mustafa Kemal University, Turkey</i> Kuleaşan, Hakan; <i>Süleyman Demirel University, Turkey</i> Meral, Raciye; <i>Yüzüncü Yıl University, Turkey</i> Mete, Aylin A.; <i>Mersin University, Turkey</i> Morales, Francisco J. <i>CSIC Instituto del Fr o, Spain</i> Muhtaba, Mustafa G. <i>Florida Gulf Coast University, USA</i> Mutlu, Türkan K.; <i>Çukurova University, Turkey</i> Öztürk, Fatma; <i>Kâtip Çelebi University, Turkey</i> Paalme, Toomas <i>Tallinn University of Technology, Estonia</i> Parlar, Harun <i>Technical University of Munich, Germany</i> Raspor, Peter <i>University of Primorska, Slovenia</i> Rezessy-Szabo, Judit M. <i>Corvinus University of Budapest, Hungary</i> San, Ferda; <i>Cumburiyet University, Turkey</i> Şengün, İlkin Y.; <i>Ege University, Turkey</i> Soyer, Yeşim; <i>Orta Doğu Teknik University, Turkey</i> Toğay, Sine Ö.; <i>Bursa Uludağ University, Turkey</i> Toker, Ömer S.; <i>Yıldız Teknik University, Turkey</i> Velioglu, Murat; <i>Namık Kemal University, Turkey</i> Yemiş, Gökçe P.; <i>Sakarya University, Turkey</i> Yolaçaner, Elif; <i>Hacettepe University, Turkey</i> Yorulmaz, Aslı; <i>Adnan Menderes University, Turkey</i> Zorba, Murat; <i>Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey</i>
Editörler / Editors AVCI, Ayşe; <i>Sakarya University, Turkey</i> ÇOLAKOĞLU, A. Sinan; <i>Kabramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey</i> DEMİRKESEN, Mert; <i>İlkem, Ministry of Agriculture and Forestry, Turkey</i> DEMİROK SONCU, Eda; <i>Ankara University, Turkey</i> EYİLER, Esen; <i>Akdeniz University, Turkey</i> KULEAŞAN, Şükran; <i>Mehmet Akif University, Turkey</i> TABAN, Birce; <i>Ankara University, Turkey</i> TORUN, Mehmet; <i>Akdeniz University, Turkey</i> ÖZDEN, Özkan; <i>İstanbul University, Turkey</i>	
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 04 2022	

Bu dergi, TÜBİTAK ULAKBİM TR Dizin, CrossRef, DergiPark Akademik, EBSCO Host, DOAJ, 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) ve Google Scholar veri tabanları kapsamındadır.

This journal is covered by TÜBİTAK ULAKBİM TR Dizin, CrossRef, DergiPark Akademik, EBSCO Host, DOAJ, 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) and Google Scholar database systems.

İçindekiler / Content

Araştırmalar (İngilizce) / Researches (English)

- Aykın-Dinçer, E. *Effects of drying temperature and microwave power on quality characteristics of turkey breast slices* / Kurutma sıcaklığı ve mikrodalga gücünün hindi göğüs dilimlerinin kalite özelliklerine etkileri **147-156**
- Keskin Çavdar, H. *Assessment of physicochemical characteristics, oxidative, and thermal properties of butters* / Tereyağlarının fizikokimyasal, oksidatif ve termal özelliklerinin değerlendirilmesi **169-182**
- Özkök, A., Mayda, N., Ecem-Bayram, N. *Comparison of pollen morphologies examination of some *Rhododendron* species - plant source of mad honey* / Deli bal'ın kaynağı olan *Rhododendron* türlerinin polen morfolojilerinin karşılaştırılması **212-219**
- Karaoğlu, M. M., Reis, G. S., Gerçekaslan, K. E. *The effect of different malt flours on rheological properties of dough* / Farklı malt unlarının hamurun reolojik özellikleri üzerine etkisi **220-230**
- Güneş-Altuntaş, E., Yıldızhan, H., Dastouri, M.R., Özel-Demiralp, D. *Proteomic view on gluten structure in different types of flour and bread samples by using bottom up proteomics and ft-ir spectroscopy* / Farklı tipte un ve ekme örneklerinde gluten yapısının proteomik ve FT-IR spektroskopisi araçları ile araştırılması **344-358**

Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Akbulut, S., Kuleaşan, H. *Konserve hindi sosis üretiminde ısı işlem ve depolama süresinin bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi / The effect of heat treatment and storage time on some quality properties in production of canned turkey sausage* **57-168**
- Kurt, A., Kander, S., Çopur, Ö. U. *Bursa ili kırsal bölgelerindeki içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının ağır metal seviyelerinin belirlenmesi / Determination of the heavy metal levels of well waters used as drinking waters in the rural areas of Bursa city* **199-211**
- Fırıncıoğulları, B., Öner, Z. *Kolesterol düşürücü etkilere sahip *Lactobacillus* spp. suşlarının peynirde başlatıcı kültür olarak kullanımı / Use of *Lactobacillus* spp. strains with cholesterol-lowering effects as starter culture in cheese* **266-276**
- Gürpınar, S., Dağdemir, E., Topdaş, E. F. *Fonksiyonel dondurma: elma, bal kabağı ve portakal lifi ile zenginleştirme / Functional ice cream: enrichment with apple, pumpkin, and orange fiber* **277-295**
- Günel, Z. *Farklı kavurma yöntemlerinin leblebide ısı işlem kontaminantlarının oluşumuna etkisi / The effect of different roasting methods on the formation of heat-induced contaminants in roasted chickpea* **296-309**
- İşcan, G., Bektaş-Sarıaltın, E., Soyseven, M., Arlı, G. *Türkiye'de tüketime sunulan tarçın türlerinin anatomik incelenmesi ve kumarin miktarlarının belirlenmesi / Anatomical examination and quantitative determination of coumarin content in cinnamon species available in Turkish markets* **310-327**
- Öğretmen, Ö.Y. *Dondurulmuş olarak satışa sunulan hamsi balığının mikrobiyolojik kriter, radyonüklid aktivite konsantrasyonu ve bazı kalıcı organik kirletici miktarlarının araştırılması / Investigation of microbiological properties, radionuclide concentration and some persistent organic pollutants in the frozen anchovy put on the market* **359-371**
- Cingöz, A., Akpınar, Ö., Sayaslan, A. *Farklı kepek fraksiyonlarının ekme kalitesine etkisi / Effect of different wheat bran fractions on bread quality* **372-386**

Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

- Çağındı, Ö., Savlak, N., İnce, C., Dedeoğlu, M., Köse, E. *COVID-19 hastalığını önlemede kullanılan takviye edici gıdalar ve sağlık üzerine etkileri / Dietary supplements used to prevent COVID-19 disease and their effects on health* **183-198**
- Bozkurt, S., Koç, M. *Gıdalarda sodyum azaltımı / Sodium reduction in foods* **231-251**
- İçier, S., Güzelcan, C., Hıdır, Ş., Kaplan Türköz, B. *Postbiyotikler ve gıda endüstrisinde kullanım alanları / Postbiotics and their use in food industry* **252-265**
- Gündüz, G.T., Akgül, Ö. *Mersinin (*Myrtus communis* L.) antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi / Antioxidant and antimicrobial activities of myrtle (*Myrtus communis* L.)* **328-343**

EFFECTS OF DRYING TEMPERATURE AND MICROWAVE POWER ON QUALITY CHARACTERISTICS OF TURKEY BREAST SLICES

Elif Aykın Dinçer*

Department of Food Engineering, Engineering Faculty, Akdeniz University, Antalya

Received / Geliş: 23.09.2021; Accepted / Kabul: 27.01.2022; Published online / Online baskı: 22.02.2022

Aykın-Dinçer, E. (2022). Effects of drying temperature and microwave power on quality characteristics of turkey breast slices. *GIDA* (2022) 47(2) 147-156 doi: 10.15237/gida.GD21127.

Aykın-Dinçer, E. (2022). Kurutma sıcaklığı ve mikrodalga gücünün hindi göğüs dilimlerinin kalite özelliklerine etkileri. *GIDA* (2022) 47(2) 147-156 doi: 10.15237/gida.GD21127.

ABSTRACT

In this study, spiced turkey slices were dried at different temperatures (60 and 70°C) and microwave powers (0, 180 and 360 W at fixed product weight) and physical, chemical, microbiological and sensory quality characteristics of these dried slices were determined. The turkey slices dried at these conditions had an average moisture content of 25%, an a_w value of 0.72, a pH value of 6.02, and a thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) value of 15.77 $\mu\text{mol MDA/kg}$. It was determined that the cutting force value of the samples increased to 56.14 N depending on the temperature increase and to 59.12 N depending on the increase in microwave power. In addition, it was found that the L^* value of the samples decreased significantly ($p < 0.01$) as the microwave power increased. Furthermore, the microbial quality was better in samples applied at 70°C drying temperature and 360 W microwave power.

Keywords: Drying, hot air, microwave power, temperature, turkey breast meat

KURUTMA SICAKLIĞI VE MİKRODALGA GÜCÜNÜN HİNDİ GÖĞÜS DİLİMLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada, baharatlanmış hindi dilimleri farklı sıcaklıklarda (60 ve 70°C) ve mikrodalga güçlerinde (sabit ürün ağırlığında 0, 180 ve 360 W) kurutulmuş ve bu kurutulmuş dilimlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite karakteristikleri belirlenmiştir. Bu koşullarda kurutulmuş hindi dilimlerinin ortalama nem içeriği %25, a_w değeri 0.72, pH değeri 6.02 ve tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) değeri 15.77 $\mu\text{mol MDA/kg}$ idi. Örneklerin kesilme kuvveti değerinin, sıcaklık artışına bağlı olarak 56.14 N'ye, mikrodalga gücündeki artışa bağlı olarak 59.12 N'ye yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga gücü arttıkça örneklerin L^* değerinin önemli düzeyde ($p < 0.01$) azaldığı bulunmuştur. Buna ilaveten, mikrobiyal kalite 70°C kurutma sıcaklığı ve 360 W mikrodalga gücü uygulanan örneklerde daha iyi olmuştur.

Anahtar kelimeler: Kurutma, sıcak hava, mikrodalga gücü, sıcaklık, hindi göğüs eti

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ elifaykin@akdeniz.edu.tr

☎: (+90) 242 310 4345

☎: (+90) 242 227 4564

Elif Aykın Dinçer; ORCID no: 0000-0003-4427-9819

INTRODUCTION

Dried meat products are an important part of snack foods as they have low water content, can be stored for a long time, are small and can be carried easily. These meat products are usually obtained by being dried using hot air after they are salted or cured (Qu et al., 2020). However, in recent years, the orientation towards alternative drying technologies has increased as the traditional method of drying in hot air entails high energy costs, as well as adversely affecting the quality of the product in drying heat-sensitive foods such as meat (Aykın-Dinçer and Erbaş, 2019). As an alternative method, microwave-assisted drying in hot air saves energy, has a short processing time and therefore costs less to operate (Póltorak et al., 2015). Moreover, as microwave application equally heats every point on the meat products, shrinkage, surface hardening and browning reactions that may occur in the final product can be prevented and product quality can be improved. A study done by Fu et al. (2015) found that TBARS values of samples that were dried using a microwave and microwave-vacuum methods were lower compared to those that were dried in hot air. However, in the study of Chaijan et al. (2017) that compared two different methods, microwave and sun-drying, a more intense brown color was detected in sun-dried meat samples.

With increasing interest in poultry meat worldwide, turkey meat has become the second most produced and consumed poultry meat after chicken meat. Turkey's turkey meat production increased 3.6 times between 2000 and 2018 and increased to 69,536 tons in 2018 (FAOSTAT, 2020). As turkey meat has a lower cholesterol and total fat content than beef, and a higher polyunsaturated fatty acids content, as well as a neutral taste and smooth texture and many other features, it has been used as a substitute for red meat in the production of various meat products (Ensoy et al., 2010; Yalçın and Şeker, 2016; Zampiga et al., 2019). On the other hand, turkey meat, whose consumption is very important for public health, has the risk of rapid microbiological deterioration due to its high water content and rich nutrients (Anaraki et al., 2020). For this

reason, it is made more durable with the application of pasteurization, sterilization, cooling, freezing and drying processes and it is converted into turkey meat products that have a longer shelf life. There are a limited number of studies in the literature in which turkey breast meat is dried using different methods (Porto-Fett et al., 2009; Cumhuriyet et al., 2016). In this study, spiced turkey breast meat slices were dried using microwave-assisted hot air drying method at different temperatures (60 and 70°C) and microwave powers (0, 180, and 360 W), and the physical, chemical, microbiological and sensory properties of the dried product were analyzed.

MATERIALS AND METHODS

Spicing and drying of turkey slices

Turkey breast slices used as raw material (about 66.40 mm x 31.86 mm x 3.79 mm) were obtained from AntBahar Group of Companies (Antalya, Turkey). First, the turkey slices were spiced with a mixture (2 g/100 g meat) that contains a certain proportion of salt (0.25 g/g mixture), thyme (0.5 g/g mixture), black pepper (0.125 g/g mixture) and red pepper (0.125 g/g mixture). The spiced slices (9.32 ± 1.84 g) were flipped every 15 min at + 4°C to allow salt diffusion to occur for 1 h.

The spiced turkey breast slices were placed in a single row on baking paper and then dried in a compact oven with microwave (Siemens HB86K575, Germany). This oven was adjusted simultaneously to the air temperature and microwave power values. Applications were carried out using a constant airspeed (1.0 m/s) at 2 different air temperatures (60 and 70 °C) and 3 different microwave powers (0, 180 and 360 W). For drying applications with different temperature and microwave power, 150 turkey slices (25 slices × 2 temperatures × 3 powers) in one replication, and a total of 300 turkey slices (150 slices × 2 replications) because of two replications carried out for all analyses were dried. Drying process was terminated when the moisture content of the samples fell below 30%. Therefore, drying times of the spiced slices were determined as 225, 60 and 45 min at 60°C and 135, 45 and 30 min at 70°C for 0, 180 and 360 W respectively.

Physical and microbiological analyses were performed immediately after the applications, while chemical analyses were performed in sets on samples taken from the applications and stored inside polyethylene packages at -18°C in aerobic conditions.

Chemical and physical analysis

Moisture, protein, fat, ash, salt and pH analyses were performed on spiced fresh turkey breast slices as complementary analyses (AOAC, 2000). a_w of fresh and dried slices was determined to be at 25°C using a water activity measuring device (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA). Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) that were created as a result of lipid oxidation in dried samples were determined spectrophotometrically and the results were expressed in μmol malondialdehyde (MDA)/kg samples (Lemon, 1975).

Color parameters (L^* , a^* , b^*) of microwave-assisted hot air dried slices were measured at 8 different points on the sample surface by the CIELAB system using a CR-400 Chromameter (8 mm aperture; 2° observer) (Konica Minolta, Japan). The L^* value represents the brightness of the samples, the a^* value represents the red-green color value and the b^* value represents the yellow-blue color value. The light source was a pulsed xenon lamp and the samples were measured using illuminant D₆₅. The color device was calibrated by using its white ceramic plate before actual use.

The cutting force (N) values of microwave-assisted hot air dried slices were determined with a TA.XT Plus Texture Analyzer (Stable Microsystems, UK) using Blade Set (HDP/BS) (Warner Bratzler, WB). The speed of probe, trigger force and load cell were 2 mm/s, 10 g and 50 kg, respectively. For analysis, four randomly selected slices were used. The change in size of the slices (given as percentage) was calculated by the difference of the length, width and thickness of the slices, measured with a caliper, before and after they were dried.

Microbiological analysis

For microbiological analysis, 10 g of sample was homogenized manually with 90 mL of alkali

peptone water under aseptic conditions. Appropriate dilutions were prepared, and inoculation was performed using the pour plate method. Total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) were enumerated on Plate Count Agar (PCA, Merck) and petri dishes were incubated at 30°C for 48 h. Enterobacteriaceae were determined on Violet Red Bile Dextrose Agar (VRBD, Merck) after incubation at 30°C for 48 h under anaerobic conditions (Aneorocult A, Merck). Yeast-mold were enumerated on Potato Dextrose Agar (PDA, Merck) after incubation at 25°C for 5 days under aerobic conditions. The enumeration was performed in parallel petri dishes that contained colonies of 30-300 at the end of incubation. Data were represented as the log of colony forming units (cfu) per g of dried turkey (Maqsood et al., 2016).

Sensory evaluation

Sensory evaluation was performed in a ventilated room lighted with white fluorescent light by a group of eight panelists. Panelists were selected among experts on sensory evaluation that continue their post graduate studies at the Department of Food Engineering of the Faculty of Engineering, Akdeniz University. Panelists evaluated the six samples in a single session and the same panelists were used for each replication. Samples were identified with three-digit numbers and served to panelists randomly and also water and bread was given after each sample in order to neutralize the taste in mouth. Panelists evaluated the appearance, color, odor, flavor, structure, and overall acceptability using a hedonic scale of 9 (1: did not like at all, 9: liked very much) (Konieczny et al., 2007).

Statistical analysis

Two different drying temperatures (60 and 70°C) and three different microwave powers (0, 180 and 360 W) were selected as variables and experiments were designed according to a randomized complete block design with two replicates. The treatments were a fixed effect and replications were included in the model as a random effect. The data were tested by variance analysis, and significant means were compared with Duncan's multiple comparison test using SAS version 7

(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The values are presented as mean \pm standard error.

RESULTS AND DISCUSSION

Physicochemical properties of spiced raw turkey slices

Spiced raw turkey slices were found to contain 70.81 ± 0.03 % moisture, 24.56 ± 0.24 % protein, 2.62 ± 0.18 % fat, 2.01 ± 0.02 % ash and 0.95 ± 0.02 % salt on average. Average pH and water activity values of the spiced turkey slices were 6.32 ± 0.012 and 0.987 ± 0.001 respectively. In this study, composition of the turkey slices prepared from breast muscle was found to be consistent

with the literature findings (Yalçın and Şeker, 2016; Zampiga et al., 2019; Anaraki et al., 2020).

Moisture, a_w , pH and TBARS values of microwave-assisted hot air dried turkey slices

Moisture, a_w , pH and TBARS values of turkey slices dried at different temperatures and microwave powers are presented in Table 1. It was determined that the temperature, microwave power and temperature \times microwave power interaction had no significant ($p > 0.05$) effect on the moisture, a_w and pH value of dried turkey slices.

Table 1. The moisture, a_w , pH and thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) values of microwave-assisted hot air dried turkey slices

	Moisture (%)	a_w	pH	TBARS ($\mu\text{mol MA/kg}$)
60°C, 0 W	24.69 \pm 3.57	0.777 \pm 0.03	5.99 \pm 0.10	9.84 ^d \pm 0.10
60°C, 180 W	26.39 \pm 2.81	0.722 \pm 0.04	6.08 \pm 0.05	13.51 ^c \pm 0.13
60°C, 360 W	23.88 \pm 0.78	0.656 \pm 0.04	6.07 \pm 0.12	13.64 ^c \pm 0.48
70°C, 0 W	24.31 \pm 4.53	0.811 \pm 0.06	6.04 \pm 0.05	13.47 ^c \pm 0.05
70°C, 180 W	24.99 \pm 2.71	0.694 \pm 0.09	5.96 \pm 0.04	20.19 ^b \pm 0.03
70°C, 360 W	24.14 \pm 0.14	0.664 \pm 0.02	6.01 \pm 0.06	23.97 ^a \pm 0.09
T \times M	NS	NS	NS	**
Temperature (T, °C, n=6)				
60	24.99 \pm 1.28	0.718 \pm 0.03	6.04 \pm 0.05	12.33 ^b \pm 0.80
70	24.48 \pm 1.37	0.723 \pm 0.04	6.00 \pm 0.03	19.21 ^a \pm 1.94
Significance	NS	NS	NS	**
Microwave power (M, W, n=4)				
0	24.50 \pm 2.36	0.794 \pm 0.03	6.01 \pm 0.05	11.65 ^c \pm 1.05
180	25.69 \pm 1.65	0.708 \pm 0.04	6.02 \pm 0.04	16.85 ^b \pm 1.93
360	24.01 \pm 0.33	0.660 \pm 0.02	6.04 \pm 0.06	18.80 ^a \pm 2.99
Significance	NS	NS	NS	**

^{a,b,c,d} Means with different letters within the column indicate differences.

NS Not Significant ($p > 0.05$).

** $p < 0.01$.

It was found that the average moisture content of microwave-assisted hot air dried turkey slices is 25%, a_w is 0.72 and pH value is 6.02. Therefore, it was determined that the meat product obtained in this study is in the class of medium moist foods (moisture %: 15-50 and a_w value: 0.6-0.9) and is much more resistant to microbial degradation than fresh turkey breast meat. It has also been determined in many studies on drying various meat slices at different temperatures that the temperature factor does not affect moisture,

water activity and pH values (Jiang et al., 2016; Aykın-Dinçer and Erbaş, 2019). Unlike this study, it was reported in a study by Chaijan et al. (2017) that the moisture value of dried fish meat decreased from 30% to 28%, and the pH value increased from 6.60 to 6.64 as microwave power increased. This difference is thought to be resulting from drying the turkey meat down to the same moisture content in all applied temperature (60 and 70°C) and microwave power (1, 180 and 360 W) factors.

On the *TBARS* value, the temperature and microwave power factors were found to be effective at a level of $p < 0.01$. It was determined that the *TBARS* value of the samples increased to 19.21 $\mu\text{mol MDA/kg}$ as the drying temperature increased and to 18.80 $\mu\text{mol MDA/kg}$ as the microwave power increased. The high temperature (70°C) and microwave power (360 W) applied in this study triggered fat oxidation in the meat, and similar results were reported in several studies on meat drying (Inchingolo et al., 2013; Jiang et al., 2016). Zambiga et al. (2019) reported the *TBARS* value of raw turkey breast as 0.59 mg MDA/kg meat (8.19 $\mu\text{mol MDA/kg}$), which is quite low compared to the *TBARS* values of dried turkey breast meat. No extreme rancid taste resulting from an advanced level of oxidation was found in dried turkey slices. In line with the results of the study, it was also reported that off-flavor in cooked turkey breast meat can be detected when the *TBARS* value reaches the level of approximately 1.5 mg MDA/kg of meat (Brunton et al., 2000). Also, the average *TBARS* value of dried turkey breast slices (15.77 $\mu\text{mol MDA/kg}$) was detected to be lower than *TBARS* value of cold-dried chicken breast slices ($\mu\text{mol MDA 23.66/kg}$) (Aykın Dinçer, 2020), and it was

evaluated that chicken breast containing higher amounts of fat (3.70%) can be the cause of this case.

Cutting force and changes in size of microwave-assisted hot air dried turkey slices

The cutting force value findings of turkey slices dried at different temperatures and microwave power are given in Table 2. The cutting force values for the samples were determined to vary between 20.63-66.07 N. In a study on the quality of jerky samples prepared from different meats, the cutting force value for jerky samples prepared from turkey meat was reported as 6.60 kg (64.72 N) (Carr et al., 1997). It was determined that temperature and microwave power factors have a significant ($p < 0.01$) effect on the cutting force of dried turkey slices. It was found that the cutting force of samples that were rapidly dried at high temperature (70°C) microwave power (360 W) was higher. This may be resulting from increased meat stiffness due to the denaturation of myofibrillar proteins such as myosin and actin during drying. Similar to the results of the study, the cutting force value of dried meat slices that are dried as the temperature (Aykın-Dinçer et al., 2020) and microwave power (Póltorak et al., 2015) increase was determined to be higher.

Table 2. Cutting force and changes in size of microwave-assisted hot air dried turkey slices

	Cutting force (N)	Decrease in length (%)	Decrease in width (%)	Decrease in thickness (%)
60°C, 0 W	20.63 ± 0.01	23.47 ± 5.46	30.59 ± 1.00	36.73 ± 5.55
60°C, 180 W	52.17 ± 4.14	37.98 ± 2.35	32.14 ± 0.31	35.60 ± 0.14
60°C, 360 W	52.18 ± 1.55	38.12 ± 1.64	31.70 ± 4.22	15.28 ± 2.09
70°C, 0 W	40.45 ± 1.19	28.50 ± 0.76	27.69 ± 5.92	36.88 ± 1.58
70°C, 180 W	61.90 ± 2.47	37.57 ± 6.18	28.76 ± 1.71	30.09 ± 0.86
70°C, 360 W	66.07 ± 0.02	42.63 ± 4.79	29.31 ± 8.47	26.93 ± 6.61
T × M	NS	NS	NS	NS
Temperature (T, °C, n=6)				
60	41.66 ^b ± 6.75	33.19 ± 3.46	31.48 ± 1.16	29.20 ± 4.67
70	56.14 ^a ± 5.07	36.23 ± 3.31	28.58 ± 2.72	31.30 ± 2.56
Significance	**	NS	NS	NS
Microwave power (M, W, n=4)				
0	30.54 ^b ± 5.74	25.98 ^b ± 2.68	29.14 ± 2.59	36.80 ^a ± 2.35
180	57.03 ^a ± 3.43	37.78 ^a ± 2.70	30.45 ± 1.21	32.84 ^a ± 1.63
360	59.12 ^a ± 4.06	40.38 ^a ± 2.44	30.50 ± 3.92	21.10 ^b ± 4.40
Significance	**	*	NS	*

^{a,b} Means with different letters within the column indicate differences.

NS Not Significant ($p > 0.05$).

* $p < 0.05$.

** $p < 0.01$.

While the microwave power applied during drying has a significant ($p < 0.05$) effect on the decrease in length and thickness of dried turkey slices, it is found that temperature and temperature x microwave power interaction has an insignificant ($p > 0.05$) effect. In addition, it has been determined that the factors applied during the drying process have no significant effect on the decrease in width (Table 2). In this study, it was determined that rapidly dried slices at 360 W microwave power were shorter (high length decrease) and thicker (low thickness decrease). As microwave power increased at temperatures applied during drying (60-70°C), denaturation of myofibrillar proteins increased and accordingly, high shrinkage of muscle fibers may have occurred. In a study on drying fish slices, it was

reported that the rate of shrinkage of slices increase as microwave power increases (Duan et al., 2011).

Color values of microwave-assisted hot air dried turkey slices

The L^* , a^* and b^* color values of the turkey slices dried at different temperature and microwave power are given in Table 3. While the microwave power and temperature x microwave power interaction had a $p < 0.01$ level effect on the L^* value of dried meat slices, the temperature value was found to had no significant ($p > 0.05$) effect. It was also detected that these factor and interaction applied during drying had no significant ($p > 0.05$) effect on a^* and b^* values.

Table 3. Color values (L^* , a^* and b^*) of microwave-assisted hot air dried turkey slices

	L^*	a^*	b^*
60°C, 0 W	36.70 ^{bc} ± 1.50	7.37 ± 0.01	20.40 ± 0.79
60°C, 180 W	38.00 ^{ab} ± 0.25	8.37 ± 0.50	22.51 ± 2.46
60°C, 360 W	34.25 ^c ± 0.07	8.83 ± 0.25	22.56 ± 0.50
70°C, 0 W	40.16 ^a ± 0.22	6.64 ± 0.71	21.93 ± 0.37
70°C, 180 W	36.45 ^{bc} ± 1.32	7.16 ± 0.70	22.08 ± 1.35
70°C, 360 W	28.68 ^d ± 0.80	8.21 ± 0.42	20.47 ± 0.08
T × M	**	NS	NS
Temperature (T, °C, n=6)			
60	36.32 ± 0.80	8.19 ± 0.31	21.82 ± 0.82
70	35.09 ± 2.18	7.34 ± 0.40	21.49 ± 0.49
Significance	NS	NS	NS
Microwave power (M, W, n=4)			
0	38.43 ^a ± 1.17	7.01 ± 0.36	21.17 ± 0.57
180	37.22 ^a ± 0.71	7.76 ± 0.49	22.29 ± 1.15
360	31.47 ^b ± 1.64	8.52 ± 0.27	21.51 ± 0.64
Significance	**	NS	NS

^{a,b,c,d} Means with different letters within the column indicate differences.

NS Not Significant ($p > 0.05$).

** $p < 0.01$.

The average L^* , a^* and b^* values of dried turkey breast slices were detected to be 35.71, 7.77 and 21.66 respectively. Zampiga et al. (2019) reported that average L^* , a^* and b^* values of raw turkey breast meats belonging to 2 different genotypes as 53.2, 3.18 and 0.77, respectively. According to these results, it was evaluated that the brightness of the slices decreased (low L^* value) and

browning increased (high a^* and b^* value) due to dark pigments formed after microwave-assisted hot air drying.

As microwave power increases (from 0 W to 360 W), the L^* value of the samples decreases from 38.43 to 31.47, meaning that their color darkens. Similarly, Özbay-Doğu (2016) reported that the

L^* value of samples decreased as microwave power increased (180W to 720W) during drying of round beef. In another study, the L^* value of the meat samples that were dried at 100% microwave density (46.81) was detected to be lower than the meat samples dried at 30% microwave density (50.16) (Póltorak et al., 2015).

Microbiological quality of microwave-assisted hot air dried turkey slices

Enterobacteriaceae were not detected in dried turkey slices (<2.00 log cfu/g) and it is thought that this

group of microorganisms lost their viability due to the decrease in a_w to about 0.72 during microwave-assisted hot air drying. Temperature and microwave power factors applied on TAMB count of samples during drying was found to be effective at the $p < 0.01$ level and the interaction of these factors was found to be effective at the $p < 0.05$ level (Figure 1(a)). It was determined that only the microwave power ($p < 0.01$) had a significant effect on the yeast-mold count of meat slices (Figure 1(b)).

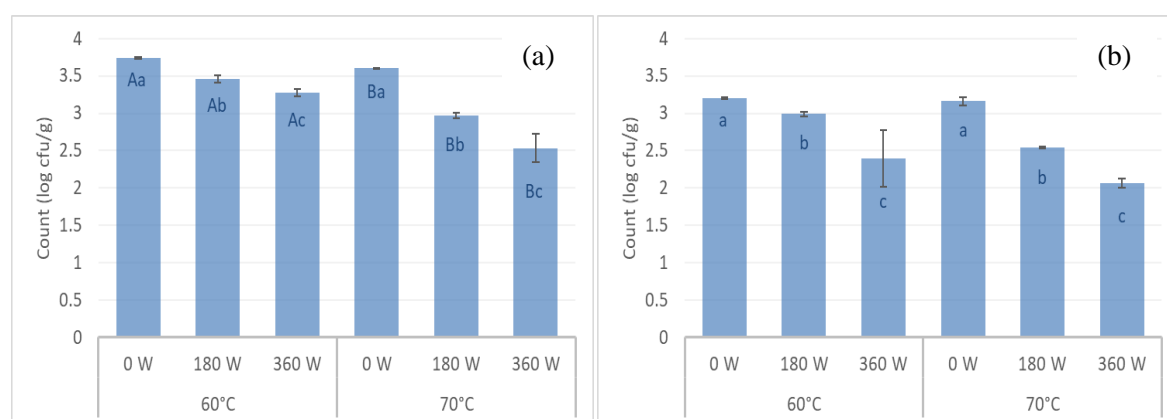


Figure 1. Changes in microbial quality of microwave-assisted hot air dried turkey slices under different drying conditions: (a) Total aerobic mesophilic bacteria; (b) Yeast-mold.

^{A,B} Means with different letters within the temperatures indicate differences.

^{a,b,c} Means with different letters within the microwave powers indicate differences.

Due to the increase in temperature and microwave power during drying, a significant decrease in the count of TAMB was detected (Figure 1(a)) and this may have been caused by further damage to the bacterial cell membrane and DNA in the protein structure. In addition, as the microwave power increased from 0 W to 360 W, microwaves might create more edge effects and cause the microorganisms on the surface of the meat slices to be inactivated due to overheating. Ensoy et al. (2010) reported in their study that heat treatment (air temperature of 70°C) reduced the count of TAMB in fermented turkey sausages by about 1.5 log. In another study, the TAMB count of turkey breast slices salted and freeze-dried up to 33% moisture content was reported as 3.35 log cfu/g (Yalçın and Şeker, 2016). The average yeast-mold count of turkey slices dried in microwave-assisted hot air was 2.72 log cfu/g.

This is due to the high initial microbial loads of the slices or contamination during processing. It has also been found that the count of yeast-mold decreases as microwave power increases. Anaraki et al. (2020) reported that heat treatment applied to cured and vacuum-packed turkey breast meat is effective in reducing yeast-mold count.

Sensory quality of microwave-assisted hot air dried turkey slices

Sensory properties of turkey slices dried in microwave-assisted hot air are given in Figure 2(a) and Figure 2(b). In all drying conditions, the scores for the sensory properties of dried turkey slices were not below 5 (medium). Panelists found little difference between the sensory properties of the samples dried in 6 different ways. It was detected that the drying temperature did not affect ($p > 0.05$) other sensory properties of

samples other than their appearance and color properties ($p < 0.01$) of samples, whereas

microwave power only affected ($p < 0.01$) the appearance property.

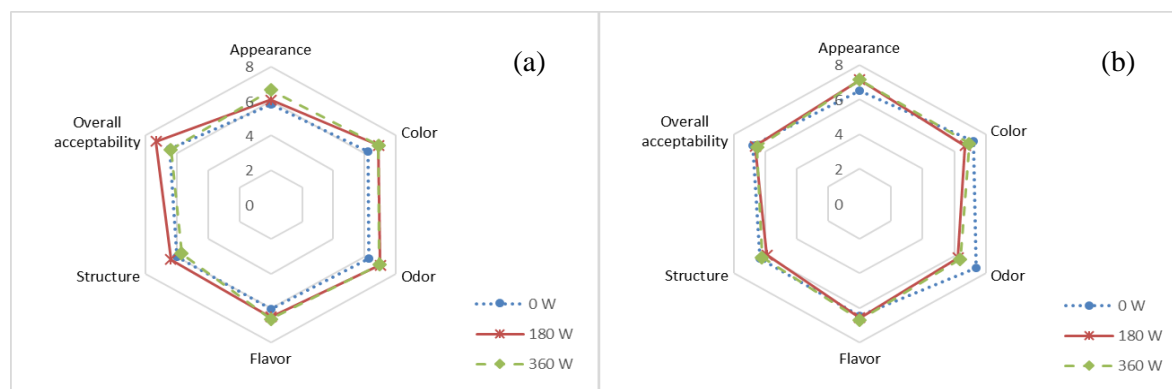


Figure 2. Changes in sensory properties of microwave-assisted hot air dried turkey slices under different drying conditions: (a) at 60°C; (b) at 70°C.

The highest scores of appearance and color were found in samples dried at a temperature of 70°C and a microwave power of 360 W. This may be due to the darkening of the flesh color (Table 3) due to the increase in temperature and microwave power. Furthermore, the factors applied in this study were not effective ($p > 0.05$) on the overall acceptability scores of turkey slices dried using microwave-assisted hot air. Carr et al. (1997) also found no significant differences between jerky samples produced from beef and turkey in terms of flavor and overall acceptability properties. On the other hand, in other studies, high temperature (Choi et al., 2015) and high microwave power (Chen et al., 2014) applications have been reported to improve the sensory quality of dried meat samples.

CONCLUSION

Turkey slices were dried down to approximately 25% moisture content at different temperatures (60°C and 70°C) and microwave power (0, 180 and 360 W), and it was detected that the a_w value was 0.72 and the pH value was 6.02. The TBARS value and cutting force of meat slices increased due to the increase in temperature and microwave power. Slices dried at high microwave power (360 W) were found to be thicker and less bright (low L^* value). Microbial quality was determined to be better in samples dried at high temperature (70°C) and microwave power (360 W).

This study shows that spiced turkey slices can be dried homogeneously in a high quality and short time using the microwave-assisted hot air drying method. Since microwave application has a significant impact on drying and product quality, it is considered in a future study to combine different drying techniques with microwave application.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest was reported by the author.

REFERENCES

- Anaraki, N.V., Abbasvali, M., Bonyadian, M. (2020). Effects of post-packaging pasteurization process on microbial, chemical, and sensory qualities of ready-to-eat cured vacuum-packed Turkey breast. *J Food Saf*, 40: e12776.
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 17th edition. AOAC, Washington DC.
- Aykın Dinçer, E. (2020). Some quality properties of cold dried chicken meat slices. *GIDA-J Food*, 45: 262-274.
- Aykın-Dinçer, E., Erbaş, M. (2019). Quality characteristics of cold-dried beef slices. *Meat Sci*, 155: 36-42.
- Aykın-Dinçer, E., Kılıç-Büyükkurt, Ö., Erbaş, M. (2020). Influence of drying techniques and

- temperatures on drying kinetics and quality characteristics of beef slices. *Heat Mass Transfer*, 56: 315-320.
- Brunton, N.P., Cronin, D.A., Monahan, F.J., Durcan, R. (2000). Effect of postmortem ageing prior to cooking on lipid oxidation in cooked turkey. In: *Frontiers of Flavour Science*, Schieberle, P., Engel, K.H. (Eds.), Garching: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, pp. 545-548.
- Carr, M.A., Miller, M.F., Daniel, D.R., Yarbrough, C.E., Petrosky, J.D., Thompson, L.D. (1997). Evaluation of the physical, chemical and sensory properties of jerky processed from emu, beef, and turkey. *J Food Qual*, 20: 419-425.
- Chaijan, M., Panpipat, W., Nisoa, M. (2017). Chemical deterioration and discoloration of semi-dried tilapia processed by sun drying and microwave drying. *Dry Technol*, 35: 642-649.
- Chen, F., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Jiang, H., Wang, L. (2014). Production of crispy granules of fish: A comparative study of alternate drying techniques. *Dry Technol*, 32: 1512-1521.
- Choi, Y.S., Ku, S.K., Park, J.D., Kim, H.J., Jang, A., Kim, Y.B. (2015). Effects of drying condition and binding agent on the quality characteristics of ground dried-pork meat products. *Korean J Food Sci An*, 35: 597-603.
- Cumhur, Ö., Şeker, M., Sadıkoğlu, H. (2016). Freeze drying of turkey breast meat: Mathematical modeling and estimation of transport parameters. *Dry Technol*, 34: 584-594.
- Duan, Z.H., Jiang, L.N., Wang, J.L., Yu, X.Y., Wang, T. (2011). Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating. *Food Bioprod Process*, 89: 472-476.
- Ensoy, U., Kolsarıcı, N., Candoğan, K., Karşloğlu, B. (2010). Changes in biochemical and microbiological characteristics of turkey sucuks as affected by processing and starter culture utilization. *J Muscle Foods*, 21: 142-165.
- FAOSTAT. (2020). Livestock Primary. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (Accessed 28 May 2020).
- Fu, X., Lin, Q., Xu, S., Wang, Z. (2015). Effect of drying methods and antioxidants on the flavor and lipid oxidation of silver carp slices. *LWT - Food Sci Technol*, 61: 251-257.
- Inchingolo, R., Cardenia, V., Rodriguez-Estrada, M.T. (2013). The effects of microwave heating on edible oils and lipid-containing food. *Lipid Technol*, 25: 59-61.
- Jiang, N., Xu, B., Zhao, L., Huang, M., Zhou, G. (2016). Effects of high-temperature-short time (HTST) drying process on proteolysis, lipid oxidation and sensory attributes of Chinese dry-cured chicken. *CyTA - J Food*, 14: 440-448.
- Konieczny, P., Stangierski, J., Kijowski, J. (2007). Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky. *Meat Sci*, 76: 253-257.
- Lemon, D.W. (1975). An improved TBA test for rancidity. New series Circular No:51, Halifax Laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Maqsood, S., Al Haddad, N.A., Mudgil, P. (2016). Vacuum packaging as an effective strategy to retard off-odour development, microbial spoilage, protein degradation and retain sensory quality of camel meat. *LWT - Food Sci Technol*, 72: 55-62.
- Özbay-Doğu, S. (2016). Determination of effect of pre-treatments applying to round of meat (*M. semitendinosus*) on microwave drying. Master thesis of Selçuk University (in Turkish), Turkey.
- Póltorak, A., Wyrwicz, J., Moczowska, M., Marcinkowska-Lesiak, M., Stelmasiak, A., Rafalska, U., Wierzbicka, A., Sun, D.W. (2015). Microwave vs. convection heating of bovine *Gluteus Medius* muscle: impact on selected physical properties of final product and cooking yield. *Int J Food Sci Technol*, 50: 958-965.
- Porto-Fett, A.C.S., Call, J.E., Hwang, C.A., Juneja, V., Ingham, S., Ingham, B., Luchansky, J.B. (2009). Validation of commercial processes for inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on the surface of whole-muscle turkey jerky. *Poult Sci*, 88: 1275-1281.

Qu, C., He, Z., Wang, Z., Li, S., Wang, Z., Li, H. (2020). Effects of NaCl content and drying temperature on lipid oxidation, protein oxidation, and physical properties of dry-cured chicken. *J Food Sci*, 85: 1651-1660.

Yalçın, M.Y., Şeker, M. (2016). Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat. *LWT-Food Sci Technol*, 68: 153-159.

Zampiga, M., Tavaniello, S., Soglia, F., Petracci, M., Mazzoni, M., Maiorano, G., Meluzzi, A., Clavenzani, P., Sirri, F. (2019). Comparison of 2 commercial turkey hybrids: productivity, occurrence of breast myopathies, and meat quality properties. *Poult Sci*, 98: 2305-2315.



KONSERVE HİNDİ SOSİS ÜRETİMİNDE ISIL İŞLEM VE DEPOLAMA SÜRESİNİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Selen Akbulut^{1*}, Hakan Kuleşan²

¹ Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, İstanbul/ Türkiye
²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Geliş / *Received*: 30.09.2021; Kabul / *Accepted*: 27.01.2022; Online baskı / *Published online*: 22.02.2022

Akbulut, S., Kuleşan, H. (2022). Konserve hindi sosis üretiminde ısı işlem ve depolama süresinin bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi. *GIDA* (2022) 47(2) 157-168 doi: 10.15237/gida.GD21128

Akbulut, S., Kuleşan, H. (2022). The effect of heat treatment and storage time on some quality properties in production of canned turkey sausage. GIDA (2022) 47(2) 157-168 doi: 10.15237/gida.GD21128

ÖZ

Bu çalışmada, koruyucu katkı maddesi kullanılmaksızın hindi etinden üretilen sosislere 118 °C'de 50 dakika sterilizasyon uygulanarak, 4 aylık depolama süreci boyunca mikrobiyolojik bozulmanın önlenmesi ve genel kalitenin korunması amaçlanmıştır. Çalışmada konserve sosis üretiminde kullanılan çiğ hindi etinin başlangıç bakteri yükü 4.33 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Isıl işlem sonrasında raf ömrü boyunca sosis örneklerinde mikrobiyolojik bir gelişmenin tespit edilmemiş olması, ürüne uygulanan ısı işlemin etkin bir şekilde sterilizasyon sağlamış olduğunu göstermiştir. Oksidasyon derecesinin belirlendiği tiyobarbitürik asit (TBA) analizinde ise, hindi sosislerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($P > 0.05$). Bu çalışma, sıcak dolmuş ve etkin bir ısı işlem ile üretilen hindi sosislerinin koruyucu katkı kullanılmaksızın raf ömrü süresince sağlıklı bir şekilde korunabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Konserve et ürünleri, sterilizasyon, antimikrobiyal katkı maddesi, raf ömrü

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT AND STORAGE TIME ON SOME QUALITY PROPERTIES IN PRODUCTION OF CANNED TURKEY SAUSAGE

ABSTRACT

The aim of this work was prevention of microbiological deterioration while maintaining overall quality during 4-month storage period by sterilizing the sausages produced from turkey meat at 118 °C for 50 minutes without using preservatives. The initial bacterial load of raw turkey meat used in the production of canned sausage was determined as 4.33 log cfu/g. The fact that no microbiological development has been detected in sausage samples during the shelf life as a result of the applied heat treatment indicates that the heat treatment is performed effectively. In the thiobarbituric acid analysis (TBA) in which the degree of oxidation was determined, there was no statistically significant difference in turkey sausages ($P > 0.05$). This study demonstrated that turkey sausages produced with hot filling along with an effective heat treatment can be preserved in a healthy way throughout their shelf life without the use of preservatives.

Keywords: Canned meat product, sterilization, antimicrobial additives, shelf life

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ selen.akbulut@uskudar.edu.tr

☎ (+90) 546 688 05 98

☎ (+90) 216 400 22 22

Selen Akbulut; ORCID no: 0000-0003-3123-3010

Hakan Kuleşan; ORCID no: 0000-0002-0893-0689

GİRİŞ

Kanatlı etleri içerisinde hindi eti, kolesterol seviyesinin düşük olması ve protein oranının yüksek olması nedeniyle sağlık açısından tercih edilmektedir (Koyubenbe ve Konca, 2010). 2020 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü tarafından yayınlanan hindi eti üretim ve tüketim verileri incelendiğinde 2018 yılında kişi başı hindi eti tüketimi en yüksek seviyeye ulaşarak 700 g/yıl olarak belirlenirken 2020 yılında bu oran 590 g/yıl olmuştur. Rapor incelendiğinde ABD ve diğer Avrupa ülkelerinde tüketim oranlarının yüksekliği görülmektedir (TEPGE, 2020).

Sosis; sığır, koyun, kanatlı etleri ve yağlarından emülsiyon tekniğinin kullanılması ile oluşturulan hamurun doğal veya yapay kılıflara doldurulup ısıtma işlemi uygulanması sonucu elde edilen et ürünüdür (Urgu, 2013). Geleneksel tarzda bir sosis üretim basamakları kısaca; et seçimi, parçalama ve karıştırma, emülsifiye etme, bağırsaklara doldurma, ön kurutma, dumanlama, haşlama/pişirme, soğutma, ambalajlama ve depolamadır (Anar, 2012).

Sosis üretim süreci içerisinde kullanılan katkı maddelerinin başında gelen nitritler ve nitratlar, işlenmiş et ürünlerinde kalite ve mikrobiyolojik güvenlik üzerindeki olumlu etkileri ve ürünlerde antimikrobiyel, antioksidan ve istenen tipik pembe-kırmızı renk oluşumu gibi amaçlar için kullanılan maddelerdir (Anar, 2012). Ancak emülsifiye et ürünlerinde kullanılan nitrit-nitratın metabolize edilmesiyle nitrozamin bileşiklerinin oluşumu söz konusudur. 2015 yılında Dünya Kanser Araştırma Fonu (IARC) tarafından yayınlanan raporda, kolorektal kanser oluşumu ile kırmızı et ve işlenmiş et ürünleri arasındaki ilişki gösterilmiştir. Bu ürünlerdeki nitrit kullanımının doğrudan toksisite ve kanserojen N-nitrozamin oluşumuna katılımı nedeniyle işlenmiş et ve et ürünleri Grup 2A (insan için muhtemel kanserojenik) sınıfında yer almıştır (IARC, 2015; Gültekin ve Akın, 2019).

Konserve işlemi, hermetik olarak kapatılmış gıdaların içerisinde patojen veya bozulmaya neden olabilecek bütün mikroorganizmaların inhibe edilmesi amacıyla 100 °C ve üzeri sıcaklık

uygulanması şeklinde yapılan bir ısıtma işlemidir. Konserve işleminin amacı, mikrobiyal popülasyonun (vejetatif hücreler/sporlar) veya etin bozulmasından sorumlu enzimlerin inhibisyonunu sağlamaktır (Hui vd., 2001; Toldrà, 2010; Özdikmenli ve Zorba, 2015).

Günümüzde yurtdışında yaygın bir tüketimi olan ancak ülkemiz gıda piyasasında bulunmayan koruyucu ilavesiz konserve sosisin tüketicinin ilgisini ve beğenisini çekeceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma da, et endüstrisindeki alternatif ürün arayışına da yeni bir fikir sunması nedeniyle önem taşımaktadır.

Çalışmanın amacı, koruyucu herhangi bir katkı maddesi kullanılmaksızın üretilmiş konserve sosislerin raf ömrünü sağlıklı bir şekilde korumaktır. Bu amaçla kimyasal koruyucular yerine ısıtma işlemi uygulanmış ve sosislerin bu şekilde raf ömrü boyunca korunması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında uygulanan bu termal koruma prosesinin, sosis örneklerinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Konserve hindi sosis üretiminde kullanılan hindi göğüs eti, hayvansal yağ, nişasta ve tuz yerel bir marketten paketlenmiş olarak temin edilmiştir. Baharat karışımını oluşturan her bir bileşen ise Isparta'da bulunan bir aktardan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan sosis kılıfları (Edicas,19NB, İspanya) saf fibrinojenden üretilmiş olup internet üzerinden satın alınmıştır. Çalışma kapsamında sosis üretimi Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

YÖNTEM

Sosis üretimi

Sosis üretimi için yaygın olarak tercih edilen bir sosis formülasyonu kullanılmıştır (Göğüş, 1986; Anar, 2012). Deneme üretimleri ve uygulanan ısıtma işlemleri sonucunda, ürün nitelikleri olarak en başarılı sonuç alınan formülasyon ve sıcaklık/süre kullanılarak konserve işlemi gerçekleştirilmiş ve ürünler depolamaya alınmıştır. Çizelge 1'de sosis ürünü için üretimde kullanılan temel formülasyon bileşenleri verilmiştir.

Çizelge 1. Hindi Sosis Ürün Bileşimi
Table 1. Turkey Sausage Product Composition

Bileşenler/ <i>Ingredients</i>	Kullanım Miktarı (g) / <i>Amount of usage</i>
Hindi Göğüs Eti/ <i>Turkey breast meat</i>	1000 g
Hayvansal Yağ/ <i>Animal Fat</i>	200 g
Buz/ <i>Ice</i>	300 g
Nişasta / <i>Starch</i>	50 g
Tuz / <i>Salt</i>	20 g
Baharat Karışımı / <i>Spice Mix</i>	15 g

*Baharat karışımı: %0.1 kırmızıbiber, %0.2 karabiber, %0.1 kişniş, %0.05 zencefil

* *Spice Mix*: %0.1 red pepper, %0.2 black pepper, %0.1 coriander, %0.05 ginger

Sosis üretiminde +4°C'de soğutulmuş taze hindi göğüs eti kullanılmıştır. Sosis üretim akım şeması ise, Şekil 1'de verilmiştir. Üretim ilk basamağında hindi göğüs eti parçalama makinesinde kıyma haline getirilmiş ve hayvansal yağ ile kullanılacak olan buzun yarısı homojen bir hamur oluşuncaya kadar karıştırılmıştır. Belirlenen bileşenler ve kalan buz, hamura ilave edilerek homojen dağılımlı sosis emülsiyonu oluşturulmuştur. Sosis hamuru sıgır kolojeninden üretilmiş tüketilebilir sosis kılıflarına (Edicas,19NB, İspanya) mekanik yolla doldurulmuştur. Dolumu tamamlanan sosislerin dış kısımları yıkanmış ve kavanozlara (300 cc-metal kapaklı, cam kavanoz) yerleştirilmiştir. Ardından kavanozların içerisine %8-10 tepe boşluğu kalacak şekilde salamura (85° - 90°C'de %2 NaCl) eklenmiş ve kapakları kapatılmıştır. Sosis kavanozları otoklava (ALP, Japonya) yerleştirilmiş ve belirlenen sıcaklık-sürede (118 °C-50 dakika) ısı işlem uygulanmıştır. Isıl işlem sonrası kavanozlar soğutulmuş ve oda sıcaklığında depolamaya alınmıştır. Depolama periyodu boyunca, sosis örneklerine 0,30,60,90 ve 120. günlerde analizler uygulanmıştır. Dolumu yapılmış ve ısı işlem uygulanmış konserve hindi sosis örneğine ait görsel, Şekil 2' de verilmiştir.

Isıl işlem parametrelerinin belirlenmesi ve hesaplanmış değerlerin sınanması

Konserve sosis üretiminde, ısı işlem parametrelerinin belirlenmesi amacıyla farklı pek çok sıcaklık ve süre ürün geliştirme sürecinde denenmiştir. Başlangıç termofilik bakteri sporu yükü çığ et içerisinde maksimum 10¹-10² kob/g olma ihtimaline karşın denemelerde 10⁵ kob/g olabileceği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Isıl işlem hesaplamalarında referans olarak ısı işlemlere en dayanıklı olarak kabul edilen *Bacillus stearothermophilus* sporlarına ait ısı işlem parametreleri (D₁₂₁= 6.16 dakika, z değeri ise 8.3 °C saf suda) baz alınmıştır (Fraiha et al., 2010). Buradan uygulanması gereken minimum ısı işlem değeri (F₀) 121,11 °C'de 30,8 dakika olarak bulunmuştur. 118 °C'deki F değerinin hesaplanmasında:

$$F_T = D_T S_D \quad (1)$$

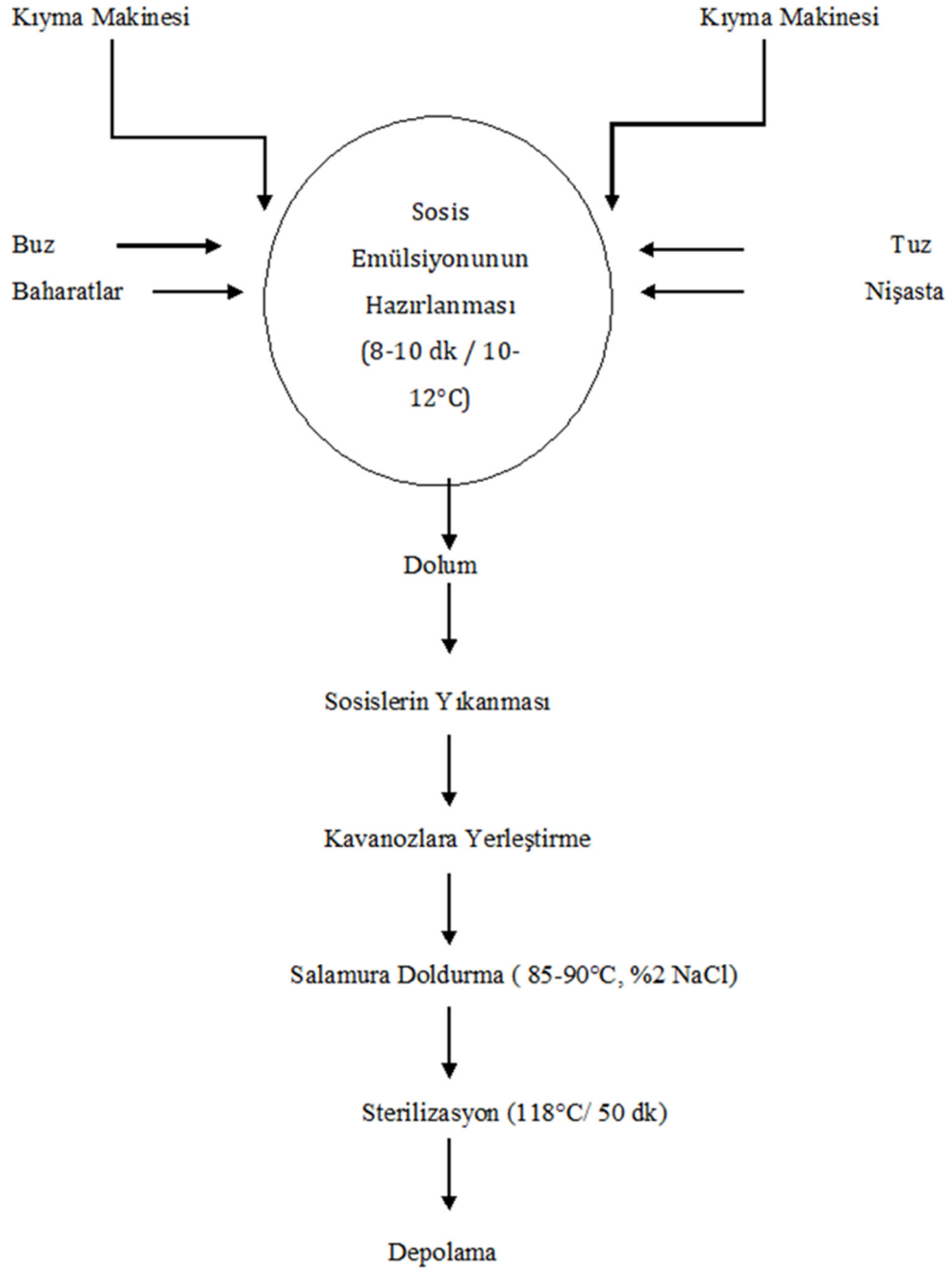
$$F_{118} = \int_0^t 10^{(T-T_{ref})/z} \times t \quad (2)$$

'D_T: Isıl işlemde hedef alınan mikroorganizmanın T sıcaklıktaki D değeri', 'S_D: Sterilizasyon Değeri', 'T: ürüne uygulanan sıcaklık derecesi', 'T_{ref}: Referans sıcaklık genellikle 250 F veya 121 °C', 'z: z-değeri', 't: süre' formülleri kullanılmıştır (Cemeroglu, 2010).

Isıl işlem uygulaması sonucu üretilen ürünlerde, ısı işlemin etkinliğini belirlemek amacıyla konserve edilmiş ürünlerde ekimler (toplam mezofilik aerobik mikroorganizma sayımı) yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneme üretimlerinde hiçbir mikrobiyel üremenin görülmediği parametreler baz alınarak 118°C'de 50 dakika ısı işlem uygulanmıştır. Son ürüne uygulanan sıcaklık süre kombinasyonu için F değeri hesaplanmıştır.

Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında, hammadde olarak kullanılan et örneğinde, sosis üretiminde kullanılan emülsiyon hamurunda üretim esnasında ve üretimi gerçekleştirilen konserve sosis örneklerinde 0, 30, 60, 90, 120. günlerde analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Sosis Üretim Şeması
Figure 1. Sausage Production Scheme



Şekil 2. Hindi Sosis Örneği
Figure 2. Turkey Sausage Example

pH ölçümü

Çalışmada hazırlanan örneklerin pH ölçümleri oda sıcaklığında pH metre (InoLab, pH Level 1-Prob tipi: Daldırmalı, Almanya) ile gerçekleştirilmiştir (Kayaardı vd., 2014).

Yağ tayini

Örneklerin içerdiği % yağ miktarı Soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz 5 g sosis örneğinde gerçekleştirilmiştir. Çözgen olarak dietil eter kullanılmıştır (Toptancı, 2007; Şimşek, 2011).

Toplam asitlik tayini

AOAC (2000), metoduna uygun olarak 0.1 M NaOH ile fenolftalein indikatörlüğünde titrasyon ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar % laktik asit/ g cinsinden toplam asitliği ifade etmektedir.

Toplam kuru madde (nem) tayini

Çalışmada, 5 g örnek, daha önce 105°C'de kurutulmuş ve darası alınmış kaplara tartıldıktan

sonra 125°C'deki etüvde (Daihan, WiseVen, Güney Kore) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Nem içeriği, ağırlık kaybından yüzdesel olarak hesap edilmiştir (Kayaardı vd., 2014).

Tuz (Mohr Yöntemi) tayini

Konserve sosis örneklerine belirlenen periyotlarda tuz tayini, Mohr yöntemi esas alınarak uygulanmıştır. Analizde 10 g konserve sosis örneği kullanılmış potasyum kromat indikatörlüğünde gümüş nitrat ile titrasyon yapılmıştır (Gökalp vd., 1993).

Renk analizi

Sosis örneklerinin kesit alanlarında ve dış yüzeylerinde, renk analizi cihazı (Minolta Chromameter, Japonya) ile ölçümler yapılmıştır. Örneklerle renk analizi depolamanın 60. gününde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda örneklerin CIE L^* , a^* , b^* değerleri kaydedilmiştir. ' L^* ' parlaklık (0'dan 100'e), ' a^* ' yeşillik/kırmızılığı

(-60'dan +60'a), 'b*' ise mavilik/sarılığı (-60'dan +60'a) sarılık değerini göstermektedir (Kayaardı vd., 2014; Turp vd., 2016).

Tiyobarbitürik asit (TBARS) analizi

Örneklere lipid oksidasyon derecesini belirlemek amacıyla tiyobarbitürik asit (TBA) analizi yapılmıştır. Analiz için, 2 g sosis örneğinden alınıp daha sonra örnek üzerine 12 ml TCA eklenerek homojenizatör yardımıyla homojenize edilir. Homojenize edilen örneklerin Whatman no 1 filtre kâğıdı koyulmuş hunilerle süzülmesi sağlanmıştır. Süzüntüden 1 ml alınarak üzerine 1 ml TBA çözeltisi eklenmiştir. Şahit (kör) çözelti için deney tüpü içerisine 1ml TCA ve 1ml TBA çözeltilerinden koyulmuştur. Tüpler bu halde vortekslenip, 40 dakika 100 °C su banyosunda bekletilmiştir. Tüpler 5 dakika süre ile musluk suyunda soğutulurak falkon tüplerine aktarılmış ve 4100 devirde 10 dakika santrifüjlenmiştir. Süpernatantı alınan örnek, spektro kuvetlerine koyularak 532 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1601) okuma yapılmıştır (Şimşek, 2011; Texas Tech University, 2015).

Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizlerden; koliform grubu, maya-küf, toplam mezofilik aerobik bakteri, laktik asit bakterilerinin sayımı gerçekleştirilmiştir. Sosis örneklerinin (25 g örnek) ekimleri 10⁻¹ dilüsyondan yapılrken salamura örneklerine dilüsyon yapılmamış steril bir şekilde konserve kavanozundan alınmıştır. Koliform grubu mikroorganizmaların analizi için Eosin Metile Blue agar (EMB-Merck, Almanya), maya-küf sayımı için ise Potato Dextrose Agar (PDA, Merck, Almanya) kullanılmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri Plate Count Agar (PCA Merck, Almanya), laktik asit bakterilerinin sayımı De Man-Rogosa-Sharpe Agar (MRS-Merck, Almanya) besiyerlerinde yapılmıştır. Konserve sosis örneklerinde anaerop mikrobiyel gelişimin kontrolü için Plate Count Agar (Merck, Almanya)'a ekimler yapılmıştır. Anaerop ortamın hazırlanmasında, anaerobik jar içerisinde Anaerocult® C (Merck, Almanya) anaerobik ortam kiti kullanılmıştır. PCA ve MRS besiyerlerine yapılan ekimler, 30°C'de 2 gün

inkübe edilirken, PDA besiyerine 25°C'de 5 gün, EMB besiyerine ise 37 °C'de 2 gün boyunca inkübasyon uygulanmıştır (Kayaardı vd., 2014).

Tekstür profil analizi

Tekstür profil analizi, (Urgu, 2013) yöntemine göre, konserve sosis örneklerinde Texture Analyzer (XTPlus; Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) cihazıyla yapılmıştır. Sosis örneklerine tekstür analizi depolamanın 60.gününde yapılmıştır. Analiz 50 mm çapındaki silindirik baskı plakası altında; baskılama oranı 15 mm, baskılama test hızı 3 mm/sn, geri çekilme test hızı 5 mm/sn olarak uygulanmıştır. 5 kg yük hücresi kullanılmıştır. Analizde sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), elastikiyet (springiness) ve çiğnenebilirlik (chewiness) doku parametreleri esas alınmıştır.

İstatistiksel analiz

Analizler sonucu elde edilen bulgular, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi tekniği (ANOVA) ile TUKEY çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Deneme deseninde tekrarlanan faktör depolama süresi (0,30,60,90 ve 120 gün) alınırken, sabit faktör birbirinin aynısı içeriğe sahip 3 tekerrür sosis örneği olarak kabul edilmiştir. Ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığı $P \leq 0.05$ önem derecesinde belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIşMA

Isıl İşlem Sonuçları ve F₀ değeri

Üretilen konserve sosis örneğine uygulanan 118°C ısıl işlem için F değeri hesaplanmıştır. Konserve hindi sosis örneği için bu değer, 43.77 dakika bulunmuştur. Ancak mikrobiyel güvenliğin tam olarak sağlanması için 50 dakika olarak uygulanmıştır. Hedef olarak belirlenen F₀ değeri baz alındığında uygulanan sterilizasyon işlemi ile ısıl işlemde bir olumsuzluk olmadan steriliteye ulaşıldığı belirlenmiştir.

Hindi Eti, Emülsiyon Hamuru ve Sosis Örneklerine Uygulanan Analiz Sonuçları

Sosis üretiminde kullanılan hindi eti, emülsiyon hamuru ve sosis örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları, Çizelge 2'de verilmiştir.

Konserve hindi sosis üretimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi

Çizelge 2. Örneklere Uygulanan Kimyasal Analiz Sonuçları
Table 2. Chemical Analysis Results Applied to Samples

Örnekler/ <i>Samples</i>	pH Analizi / <i>pH analysis</i>	Toplam Asitlik Analizi/ <i>Total Acidity Analysis</i>	(%) Nem / <i>% Moisture</i>	Yağ Analizi (Kurumaddede %)/ <i>Fat Analysis (% in dry matter)</i>
Hindi Eti/ <i>Turkey Meat</i>	5.59±0.02	0.022±0.003	74.33±0.38	1.32±0.05
Emülsiyon Hamuru / <i>Emulsion Paste</i>	5.54±0.07	-	-	-
0.Gün Sosis Örneği / <i>0.Day Sausage Sample</i>	5.61±0.01 ^c	0.023±0.003 ^{ab}	72.53±0.21 ^{ab}	7.79±0.76 ^c
30.Gün Sosis Örneği / <i>30.Day Sausage Sample</i>	5.79±0.07 ^b	0.016±0.001 ^{abc}	69.13±0.73 ^b	9.98±0.84 ^b
60.Gün Sosis Örneği / <i>60.Day Sausage Sample</i>	5.68±0.06 ^{bc}	0.025±0.070 ^a	71.39±1.77 ^{ab}	10.25±0.05 ^b
90.Gün Sosis Örneği / <i>90.Day Sausage Sample</i>	5.78±0.02 ^b	0.013±0.003 ^c	73.14±0.33 ^a	8.05±0.09 ^c
120.Gün Sosis Örneği / <i>120.Day Sausage Sample</i>	6.20±0.05 ^a	0.014±0.001 ^{bc}	74.16±2.51 ^a	13.10±0.26 ^a

* ^{a,b}: (Farklı harfleri taşıyan aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($P < 0.05$) ^{a,b}:The difference between means with different letters in the same column are statistically significant ($P < 0.05$)

*Sonuçlar 3 paralelin ortalamasını ifade etmektedir.

The results represent the average of 3 parallels.

Çizelge 2 incelendiğinde, emülsiyon hamurunda pH değeri 5.57 tespit edilmiş olup, sosis örneklerinde depolama süresinde pH değeri düzenli olarak artmıştır. 120. günde pH 6.20 değerine kadar yükselmiş ve bu yükseliş istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Hindi etleri üzerine farklı marinasyon uygulamalarının incelendiği bir çalışmada, çiğ hindi göğüs eti pH değeri 6.17 olarak tespit edilmiştir (Ergezer, 2005).

Konserve sosis üretiminde kullanılan çiğ et örneğine ve sosis örneklerinde, depolama boyunca yapılan toplam asitlik tayini sonuçlarına ait bulgular % laktik asit cinsinden, Çizelge 2'de verilmiştir. Konserve hindi sosis örnekleri arasındaki depolama boyunca farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çiğ hindi eti örneği ve konserve sosis örneklerine ait toplam kuru madde sonuçları, incelendiğinde,

sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Örneklerin % nem oranları %69.13 ile %74.33 arasında değişim göstermektedir.

Yağ analizi sonuçları incelendiğinde, çiğ hindi göğüs eti örneğinde % yağ değeri, %1.32 olarak tespit edilmiştir. Konserve hindi sosis örneğinde ise depolama boyunca en yüksek yağ değeri 120.depolama gününde %13.10 olarak belirlenmiş ve bu değer diğer depolama günlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çiğ hindi eti ve konserve sosis örneklerinde depolama süreci boyunca meydana gelen mikrobiyolojik değişimleri incelemek amacıyla, sosis ve salamura örneklerine toplam aerobik mezofilik bakteri, toplam maya-küf, toplam koliform grup bakteri ve anaerob ortamda gelişen toplam mezofilik bakteri ekimleri

gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, hindi eti ekim sonuçlarında toplam laktik asit bakteri sayım sonucu tespit edilebilir limitlerin altında (< 1) bulunurken, diğer ekimlerde mikrobiyal gelişim gözlemlenmiştir. Depolama süreci boyunca konserve sosis örneklerinde herhangi bir mikrobiyolojik gelişimin olmaması, uygulanan ısıl işlemin etkin bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

Nasser (2015) tarafından, Suudi Arabistan'da satılan 13 farklı konserve et ürününün küf, mikrobiyolojik ve ağır metal içeriklerinin belirlendiği çalışmada, 13 konserve et ürünüde, toplam bakteri, toplam koliform, toplam küf ve maya sayıları incelenmiş ve örneklerin büyük bir çoğunluğunda çalışmamızda olduğu gibi bakteriyel bir oluşum tespit edilmemiştir.

Sezen (2009), tarafından İstanbul piyasasında satışa sunulan 175 taze kanatlı eti numunelerinin, son kullanma tarihlerinde duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılarak hijyenik kalitelerinin incelendiği çalışmada, hindi etlerinde mikrobiyal yük 4.5×10^5 - 5.0×10^8 kob/g, ortalama 6×10^7 kob/g bulunmuştur. Hindi eti örneklerinin %66'sı, Türk Gıda Kodeksi limitlerinin üzerinde sonuç vermiştir.

Salcedo-Sandoval vd. (2015), tarafından n-3 PUFA ile yağ içeriği zenginleştirilmiş frankfurter üretimi ve raf ömrü üzerine yapılan çalışmada, depolama ve formülasyondan dolayı sosislerde mikrobiyel gelişim görülmüştür. Genel olarak toplam bakteri sayısı ve laktik asit bakteri sayısı arasında (sırasıyla 3 ve 2 log cfu/kg) farklılık görülmediği, Enterobacteriaceae sayısının ise depolama süresi boyunca < 1 log cfu/kg altında bir gelişim gösterdiği belirtilmiştir.

Çizelge 3. Hindi eti ve Sosis Örneklerine Uygulanan Mikrobiyolojik Ekim Sonuçları
Table 3. Microbiological Analysis Results Applied to Turkey Meat and Sausage Samples

Örnekler/ Samples	TMAB (log kob/g)	Toplam Maya-Küf (log kob/g)	Laktik Asit Bakterisi (log kob/g)	Toplam Koliform Sayısı (log kob/g)	TMAB (Anaerob ortam) (log kob/g)
Çiğ Et /Raw Meat	4.33±0.33	2.77±2.40	<1	1.90±1.65	-
0.Gün Sosis Örneği / 0.Day Sausage Sample	<1	<1	<1	-	<1
30.Gün Sosis Örneği / 30.Day Sausage Sample	<1	<1	<1	-	<1
60.Gün Sosis Örneği / 60.Day Sausage Sample	<1	<1	<1	-	<1
90.Gün Sosis Örneği / 90.Day Sausage Sample	<1	<1	<1	-	<1
120.Gün Sosis Örneği / 120.Day Sausage Sample	<1	<1	<1	-	<1

*Sonuçlar 2 paralel 3 tekrerrürün ortalamasını ifade etmektedir.

*The results represent the average of 2 parallel 3 replications.

*TMAB: Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını, PCA (Anaerob): konserve de gelişen toplam anaerobik canlı sayısını ifade etmektedir.

* TMAB: The total number of aerobic mesophilic bacteria, TMAB (Anaerobe): expresses the total number of anaerobic organisms grown in the can.

Konserve Hindi Sosis Örneğine Uygulanan Analizler

Depolama süresince belirlenen periyotlarda hindi sosis örneklerinde belirlenen tuz miktarları ve TBARS analizi sonuçları Çizelge 4'te MDA/kg birimiyle verilmiştir.

Tuz miktarı incelendiğinde depolamanın ilk üç ayında sonuçlar arasında bir farklılık

gözlenmezken ($P >0.05$), 120. gün analiz sonuçları bu günlerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P <0.05$). FSA (Food Standards Agency, İngiltere)'nin et ürünlerinde kullanmak üzere belirlediği sodyum ve eşdeğer tuz seviyeleri incelendiğinde, sosisler ve konserve sosis için, 100 g porsiyonlarında 1.4 g NaCl alımını önermişlerdir (Desmond, 2006).

Çizelge 4. %Tuz ve TBARS Analiz Sonuçları
Table 4. % Salt and TBARS Analysis Results

Örnek/ Sample	%Tuz/ % Salt	TBARS(mg MDA/kg)/ TBARS (mg MDA/kg)
0.Gün Sosis Örneği / 0.Day Sausage Sample	1.89±0.10 ^b	0.204±0.136 ^a
30.Gün Sosis Örneği / 30.Day Sausage Sample	2.12±0.02 ^b	0.202±0.166 ^a
60.Gün Sosis Örneği / 60.Day Sausage Sample	1.90±0.22 ^b	0.195±0.084 ^a
90.Gün Sosis Örneği / 90.Day Sausage Sample	2.08±0.25 ^b	0.164±0.135 ^a
120.Gün Sosis Örneği / 120.Day Sausage Sample	2.50±0.24 ^a	0.185±0.081 ^a

* * ^{a,b,c}: Farklı harfleri taşıyan aynı sütundaki ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($P <0.05$).

^{a,c,b}: The difference between means with different letters in the same column are statistically significant ($P <0.05$)

*Sonuçlar 3 paralelin ortalamasını ifade etmektedir.

The results represent the average of 3 parallels.

Çizelge 4 incelendiğinde, TBARS değerlerinde depolama boyunca önemli bir fark belirlenmemiştir ($P >0.05$). Depolama süresinde TBARS değerlerinde herhangi bir değişimin meydana gelmemesi, salamuranın sıcak dolun yapılması ve ısıtma işlemi uygulanmasıyla ortamdaki oksijeni uzaklaştırdığını ve oksidatif enzimlerin faaliyetlerini yavaşlattığını göstermektedir.

Ticari olarak satılan antioksidanların mekanik olarak ayrılmış hindi etindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, düşük konsantrasyonlarda kullanılan antioksidanların ilk 2 ay boyunca oksidasyon sürecini geciktirdiği ilerleyen süreçte ise daha fazla antioksidana ihtiyaç olacağı sonucuna varılmıştır. 7 aylık depolama boyunca antioksidan kullanılmayan hindi etindeki oksidatif değişim incelendiğinde, depolamanın ilk gününden itibaren oksidasyon değerinin arttığı görülmektedir (Mielnik vd., 2003).

Konserve sosis örneklerinde yapılan renk analizi sonucu elde edilen veriler dış yüzey ölçümleri ve iç yüzey ölçümleri olmak üzere Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Renk Analizi Sonuçları
Table 5. Color Analysis Results

Renk Analizi/ Color Analysis	Hindi sosis iç kesit yüzeyi / Turkey sausage inner cross-section	Hindi sosis dış yüzey / Turkey sausage outer cross-section
L*	58.92±2.015	61.35±0.768
a*	3.96±0.333	1.25±0.420
b*	15.25±1.160	10.98±0.530

* Değerler 4 ölçümün ortalamasını ifade etmektedir.

* The results represent the average of 4 measurement.

Konserve sosis örneklerinde gerçekleştirilen tekstür profili analizi kapsamında, sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), elastikiyet

(springiness) ve çiğnenebilirlik (chewiness) değerleri incelenmiş elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Tekstür Profili Analiz Sonuçları

Table 6. Texture Profile Analysis Results

Örnek/ Sample	Sertlik (hardness)	Yapışkanlık (adhesiveness)	Elastikiyet (springiness)	Çiğnenebilirlik (chewiness)
Hindi Sosis Örneği / Turkey sausage sample	624.60± 60.85	-5.24±0.95	1.02 ±0.02	249.29 ±27.09

*Değerler 6 ölçümün ortalamasını ifade etmektedir.

* The results represent the average of 6 measurement.

SONUÇ

Çalışmada emülsifiye et ürünlerinden biri olan sosisin, koruyucu katkı kullanmaksızın yalnızca ısıl işlem uygulanarak raf ömrünü sağlıklı bir şekilde korumak hedeflenmiştir. Konserve sosis üretiminde kullanılan hammaddeden üretilen son ürüne kadar mikrobiyal faaliyetlerin belirlenmesi ve hedef mikroorganizmalar baz alınarak ısıl işlem parametrelerine uygun bir konserveleme işlemi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda sosis örneğine 118°C'de 50 dakika ısıl işlem uygulanmıştır. Uygulanan bu ısıl işlem ile mikrobiyolojik sterilite sağlanmıştır.

Son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmesi, katkı maddelerinin gıda maddelerinde kullanımına dair endişelerin artması sonucu bu ürünlerin tercih edilirligini azalmıştır. Bu bakımdan tüketiciler koruyucu madde içeren et ve et ürünleri yerine bunları içermeyen alternatiflerine yönelmişlerdir. Hem koruyucu katkı maddesi içermeyen hem de sterilitesi sağlanmış konserve sosis ürünü ülkemiz et endüstrisinde henüz üretilmemektedir. Ülkemizde et ürünlerine yönelik bir konserve ürün piyasasının bulunmayışı bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Et ve et ürünlerinin denetimsiz üretimlerinin oldukça yaygın olması, belirli limitler dâhilinde kullanımına izin verilen koruyucu katkı maddelerinin eğitilmemiş kişilerce emülsifiye et ve et üretimlerinde kullanımı tüketici sağlığını tehlikeye sokmaktadır.

Bu çalışma ileri dönemlerde farklı et ürünlerinin sterilizasyonu üzerine yapılacak çalışmalara bir temel sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Sterilizasyon tekniği ile üretilecek ürünlerde özellikle tekstürün iyileştirilmesi üzerinde daha derinlemesine çalışmalar yapılması gerekmektedir. Ayrıca farklı ürünlerin de ısıl işlem parametrelerinin belirlenmesine yönelik planlanacak çalışmalar ülkemiz gıda endüstrisine yarar sağlayacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Selen Akbulut deneylerin planlanması ile yapılışında görev almış ve taslak metni oluşturmuştur. Hakan Kuleaşan danışman olarak çalışma fikrinin oluşmasında, deney tasarımının oluşturulmasında, verilerin değerlendirilmesinde ve taslağın kontrolünde/düzenlenmesinde görev almıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Proje No: 4438-YL1-15) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Anar, Ş.(2012). Et ve Et Ürünleri Teknolojisi. Dora Yayınları, 410s, Bursa.

Association of Official Analytical Chemists, (2000). In:Official Methods of Analysis, 17th edition, Titratable acidity of fruit products, 942.15. AOAC International, Gaithersburg.

- Cemeroğlu, S.B. (2010). Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 256s, Ankara.
- Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Sci.* 74 (2006) 188–196, doi:10.1016/j.meatsci.2006.04.014
- Ergezer, H. (2005). Değişik Yöntemlerle Marine Edilmiş Kanatlı Etlerinin Kimyasal, Mikrobiyolojik, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s, Denizli.
- Gültekin, F., Akın, S. (2019). İşlenmiş Et Ürünleri ve Gıda Katkı Maddeleri. *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle*, 1 (1), 44-53. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/apjhls/issue/46548/431903>
- Göğüş, K. A. (1986). Et Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 242s.
- Gökalp, Y., H., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. (1993). Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 157s., Erzurum, 140-146s.
- Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers, R.W., Young, O.A. (2001). Meat Science and Application. Markel Dekker, 675s, New York.
- IARC. (2015). IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Retrieved from https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf
- Kayaardı, S., Söbeli, C., Akkara, M. (2014). Et Teknolojisi Laboratuvarı El Kitabı. Sidas Yayınları, Manisa, 83s.
- Koyubenbe, N. & Konca, Y. (2010). Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Hindi Eti Üretimi, Tüketimi ve Politikaları. *Ege Univ Ziraat Fak Derg*, 47 (2) , 201-209.
- Mielnik, M. B., Aaby, K., Skrede, G. (2003). Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. *Meat Sci.* 65(3), 1147-1155, doi:10.1016/S0309-1740(02)00345-5
- Milford, A. B., Le Mouél, C., Bodirsky, B. L., & Rolinski, S. (2019). Drivers of meat consumption. *Appetite*, 141, 104313, doi: 10.1016/j.appet.2019.06.005
- Nasser, L. A. (2015). Molecular identification of isolated fungi, microbial and heavy metal contamination of canned meat products sold in Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi J Biol Sci.* 22(5), 513-520, doi:10.1016/j.sjbs.2014.08.003
- Özdikmenli S, Zorba N. N (2015). Közlenmiş Kırmızı Biber (Kıyapya) Konservesi Üretiminde Gıda Güvenliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 55 - 64.
- Salcedo-Sandoval, L., Ruiz-Capillas, C., Cofrades, S., Triki, M., Jiménez-Colmenero, F. (2015). Shelf-life of n-3 PUFA enriched frankfurters formulated with a konjac-based oil bulking agent. *LWT-Food Sci. Tech.*, 62(1), 711-717, doi:10.1016/j.lwt.2015.01.043
- Sayari, N., Sila, A., Balti, R., Abid, E., Hajlaoui, K., Nasri, M., & Bougateg, A. (2015). Antioxidant and antibacterial properties of Citrus paradisi barks extracts during turkey sausage formulation and storage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(4), 616-623, doi:10.1016/j.bcab.2015.10.004
- Sezer, Ç., Ögün, M., Güven, A. (2013). Salam ve Sosislerin Bazı Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 19 (1), 69-72.
- Şimşek, A. (2011). Tüketime Hazır Balık Döner Üretimi: Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 156s, Isparta.
- Texas Tech University. (2015). Thiobarbituric Acid Analysis (TBA). Erişim tarihi: 03.07.2015 <https://www.depts.ttu.edu/meatscience/docs/TThiobarbituricAcidAnalysis.pdf>
- TEPGE (2020). Hindi Eti. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr>. (Erişim Tarihi: 08.11.2021)
- Toldrá, F. (2010). Handbook of Meat Processing , Blackwell Publishing, 561s., USA.

Toptancı, İ.(2007). Sucuğun renk ve tekstürüne farklı ısı işlem sıcaklıklarının etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 106s, Ankara.

Turp, G., Kazan, H., & Ünübol, H. (2016). Sosis üretiminde doğal renk maddesi ve antioksidan olarak kırmızı pancar tozu kullanımı. *CBU J. of Sci.*, 12(2).

Urgu, M. (2013). Yağı Azaltılmış Sosislerde Su içinde Fındık Yağı Emülsiyonu ve Fındık Tozu Kullanımının Araştırılması Tasarımı. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 135s, İzmir.

ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS, OXIDATIVE, AND THERMAL PROPERTIES OF BUTTERS

Hasene Keskin Çavdar*

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey

Received /Geliş: 07.09.2021; Accepted /Kabul: 12.02.2022; Published online /Online baskı: 22.02.2022

Keskin Çavdar, H. (2022). Assessment of physicochemical characteristics, oxidative, and thermal properties of butters. GIDA 47 (2) 169-182 doi: 10.15237/gida.GD21121

Keskin Çavdar, H. (2022). Tereyağlarının fizikokimyasal, oksidatif ve termal özelliklerinin değerlendirilmesi. GIDA 47 (2) 169-182 doi: 10.15237/gida.GD21121

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the marketed butters in terms of physicochemical properties, oxidation levels, thermal behaviors, fatty acid composition, and quality matching of them with Turkish national standards. The mean value of investigated butters (n=28) was: moisture 20.67%, fat 74.53%, non-fat solids content 4.39%, salt 0.19%, lactic acid 0.65%, oleic acid 1.55% (m/m), acid value 4.04 mg KOH/g fat, peroxide value 3.25 meq O₂/ kg fat and thiobarbituric acid value 0.09 mg MA/kg fat. The samples' average saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acid contents were 68.30%, 27.90% and 2.98%, respectively. The butters melted completely at a temperature varied from 28.58 to 36.80°C. The solid fat content (SFC) of the butters was also investigated and the melting temperatures of the butters were aligned with SFC values. The results showed that examined butters did not completely agree with Turkish Food Regulations.

Keyword: Butter, physicochemical characteristics, oxidation, fatty acid composition

TEREYAĞLARININ FİZİKOKİMYASAL, OKSİDATİF VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu çalışma, piyasada satılan tereyağlarının fizikokimyasal özelliklerini, oksidasyon seviyelerini, termal davranışlarını, yağ asidi bileşimlerini ve Türk Gıda Kodeksi ile kalite uyumunu değerlendirmeyi amaçladı. İncelenen tereyağlarının (n=28) ortalama değerleri; nem %20.67, yağ %74.53, yağsız katı madde içeriği %4.39, tuz %0.19, laktik asit %0.65, oleik asit %1.55 (m/m), asit değeri 4.04 mg KOH/g yağ, peroksit değeri 3.25 meq O₂/kg yağ ve tiyobarbitürik asit değeri 0.09 mg MA/kg yağ'dır. Örneklerin ortalama doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asidi içerikleri sırasıyla %68.30, %27.90 ve %2.98'dir. Tereyağları 28.58-36.80 °C arasında değişen sıcaklıklarda tamamen eridi. Tereyağlarının katı yağ miktarları (KYM) incelendi ve erime sıcaklıkları ile KYM değerleri uyumlu bulundu. Sonuçlar, incelenen tereyağlarının Türk Gıda Mevzuatına tam olarak uymadığını gösterdi.

Anahtar kelimeler: Tereyağı, fizikokimyasal karakteristikler, oksidasyon, yağ asidi kompozisyonu

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: hasenekeskin@gantep.edu.tr

☎: (+90) 342 317 2319

☎: (+90) 342 317 2362

Hasene Keskin Çavdar ORCID ID: 0000-0001-5230-5904

INTRODUCTION

There is an increasing demand for butter, especially for the positive health aspects. Butter contains many beneficial components for human health, such as lipid-soluble vitamins, antioxidants, and unsaturated fatty acids, and it is one of the most popular dairy products due to its aromatic characteristics and nutritive value (Akgül et al., 2021).

In 2020, the average worldwide butter production reached 12 million tons, increasing 1.8% compared to the previous year. In the world butter market, 39.3% of the total production has been provided by India, while the EU provides 20.1%. In Turkey, butter production has reached its maximum, 78.6 thousand tons, increasing 6.7% in 2020 (Anonymous, 2021a). High demand for butter, limited milk supply, and the high price of energy and labor causes high costs for butter (3200 USD/ton). Due to its relatively high price compared to other fats and oils, butter is often the object of fraud involving high water content or replacement with cheaper animal fats or plant oils (Tomaszewska-Gras, 2016). Adulteration has been performed mainly by adding plant oils, non-edible oils, used oils, or industrial creams to industrial or traditionally produced butters, impacting their quality and nutritional value (Koca et al., 2010).

One of the major problems regarding butter is deterioration (lipolysis and oxidation) caused by several factors such as long-term storage of butter. Deterioration causes flavor impairment, lowers nutritional quality, and creates severe problems for storage stability (Samet-Bali, Ayadi, & Attia, 2009). Butter's quality and nutritional properties are also reduced during unsuitable storage, transportation conditions, and non-standard production and packaging. Thus, designing appropriate storage regimes and suitable manufacturing is an essential issue for butter suppliers.

Most of the butters are usually sold in unsuitable containers, reused plastic, and do not have labels. Although the corresponding institutions regularly inspect the products, the butters without sufficient quality are sold in local or national

supermarkets and bazaars. This research aimed to evaluate physicochemical, oxidative, and thermal properties of different butters and quality matching of them with Turkish national standards (Anonymous, 2021b).

MATERIAL AND METHODS

Materials

Different brands of butter (n=28) were supplied from National markets (B1-B18), local markets (B19-B23) and bazaars (B24-B28) on 23-24 June 2020 in Gaziantep, Turkey. All samples were stored at 4°C during the analysis period. All the chemicals and solvents were of analytical or chromatography grade and purchased from Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA).

Butter oil extraction

Butters were placed in a centrifuge tube and held at 50°C in a forced convection oven (JSOF-100, JS Research Inc., Korea) for 2 h to separate the butter oil from the butter. At the end of 2 h, the samples were centrifuged at 6000 rpm for 3 min. Then, the samples were held again at 50°C for 15 min. Finally, clear butter oils were decanted and subjected to analysis.

Physicochemical analyses

Moisture content

The moisture content of butters was determined using the method suggested by AOAC (1998). The butters were dried to constant weight at 100 °C in a forced convection oven (JSOF-100, JS Research Inc., Korea) for 3 h.

Fat content

Fat content of the butters was determined using the method suggested by AOAC (1998). Dried butter obtained after moisture content analysis was extracted using n-hexane in Soxhlet apparatus for 3 h. n-hexane was then removed at 50 °C using a rotary vacuum evaporator (Heidolph Instrument GmbH & Co .KG. Schwabach, Germany). The obtained oils were weighed to calculate the fat content and stored at 4 °C for further analysis. The fat content was calculated using equation 1:

$$\text{Fat content\% (g/g)} = \frac{\text{weight of extracted fat(g)}}{\text{weight of butter (g)}} \times 100$$

(Equation 1)

Solids non-fat (SNF)

Solids non-fat of butter was calculated according to the method recommended by Anonymous (2001). 10 g of butter was dissolved in 20 mL of petroleum ether. The mixture was transferred to the Gooch crucible and allowed to filter into the suction flask. This process was repeated five times. The sediment in the crucible was washed with 20 mL of petroleum ether. Finally, the Gooch crucible was dried at 102°C for 2 h until constant weight. Solids non-fat was calculated using the Equation 2:

$$\text{Solid Non - Fat(\%)} = \frac{\text{final weight of crucible (g)} - \text{initial weight of crucible (g)}}{\text{weight of butter (g)}} \times 100$$

(Equation 2)

Salt content

The salt content of butter was calculated according to the method recommended by AOAC (1998). According to this method, 5 g of butter and 100 mL boiling distilled water were mixed and swirled occasionally for 5 minutes and cooled to 50-55°C. Then, 2 mL of K₂CrO₄ was added to the mixture and the solution was titrated with 0.1 N AgNO₃. The salt content was calculated using Equation (3):

$$\text{Salt (\%, g/g)} = \frac{\text{used 0.1 N AgNO}_3(\text{mL}) \times 0.5844}{\text{weight of butter (g)}}$$

(Equation 3)

Acid value (AV) and titratable acidity

Acid value and titratable acidity (lactic acid (LA), oleic acid (OA) %) of butter oil was calculated according to the method recommended by AOAC (1998). 2 g of butter oil was mixed with 15 mL ethanol and 10 mL diethyl ether. The solution was titrated with 0.1 N KOH. The acid value and titratable acidity in terms of lactic acid (LA) and oleic acid (OA) were calculated using Equation 4, 5 and 6, respectively.

$$\text{AV(mg KOH/ g fat)} = \frac{\text{used KOH solution(mL)} \times \text{normality KOH} \times 56.1}{\text{weight of butter oil (g)}}$$

(Equation 4)

$$\text{LA\% (g/g)} = \frac{\text{used KOH solution(mL)} \times \text{normality KOH} \times 0.09}{\text{weight of butter oil (g)}} \times 100$$

(Equation 5)

$$\text{OA\% (g/g)} = \frac{\text{used KOH solution(mL)} \times \text{normality KOH} \times 0.28}{\text{weight of butter oil (g)}} \times 100$$

(Equation 6)

Peroxide value (PV)

The peroxide value was determined following the AOCS (1997) with some modifications. 1 mL of saturated KI was added to 5 g of butter oils. The mixture was dissolved in 25 mL of acetic acid: chloroform (3:2, v/v). The solution was slightly agitated for 5 min and kept for 5 min in the dark. Then, 75 mL of distilled water and 1 mL starch solution (1%, m/m) were added to the mixture, respectively. Finally, liberated iodine was titrated with 0.01 N Na₂S₂O₃. The peroxide value was calculated according to equation 6 and expressed as milliequivalents O₂/kg.

$$\text{PV (meq O}_2\text{/ kg fat)} = \frac{\text{volume of sodium thiosulfate used mL} \times \text{Normality of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1000}{\text{weight of the butter oil (g)}}$$

(Equation 7)

Thiobarbituric acid (TBA)

TBA value of butters was calculated following the method suggested by Asha et al. (2015). 0.1 g of butter fat mixed with trichloroacetic acid (1 mL) and TBA reagent (2 mL). After holding the mixture at boiling water bath for 15 min, 1 mL of glacial acetic acid and 2 mL of chloroform were added. The mixture was vortexed and centrifuged at 6000 rpm for 5 min. The absorbance of supernatant layer was read at 532 nm using a spectrophotometer. Blank was also prepared without sample. Concentrations were calculated using 1,1,3,3-tetra ethoxy propane within the range from 0 to 0.24 µg/ mL. Results were given as mg of malonaldehyde (MA)/ kg butter).

Thermal analysis by DSC

The melting profile and solid fat content (SFC) of butter oils were determined by DSC (Perkin Elmer DSC-6, Norwalk, CN, USA). Butter oil was heated at 80 °C and then weighed (5 mg) into an aluminum pan which was then sealed. In the DSC

method, the sample was held at 80°C for 10 min. Then, the temperature was decreased to -60°C at a rate of 5°C/ min. The sample was held at -60°C for 10 min. After that, the temperature increased to 80°C at a rate of 5°C/ min. The melting temperatures were calculated using the heating thermogram. The SFC was calculated at various temperatures by partial integration according to Nassu and Goncalves (1995).

Fatty acid composition by gas chromatography

The fatty acid composition of butter oil was measured via Agilent 7890A gas chromatograph (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) with a split/splitless injector and flame ionization detector HP-88 capillary column (88% cyanopropylaryl; 100 m×0.250 mm, 0.20 µm i.d.). The injector and detector temperatures were 250 and 260°C, respectively. The oven temperature programme was adjusted as: held at 120°C for 1 min, increased to 175°C at 10 °C/min, held at 175°C for 10 min, increased to 210°C at 5°C/min, held at 210°C for 5 min, increased to 230°C at 5°C/min and held 5 min at 230°C. Helium was the carrier gas and its flow rate was 1.5 mL/min (Çavdar et al., 2017).

Statistical analysis

SPSS software, version 22 (IBM, New York, USA) was used for the statistical analysis. A Shapiro-Wilk test was carried out to verify the normality of distribution of data sets. One-way ANOVA analysis followed by Tukey's Post Hoc test ($P < 0.05$) was performed for normally distributed data and Kruskal-Wallis's test was carried out for variables without a normal distribution ($P < 0.05$). All experiments for each sample were triplicated.

RESULTS AND DISCUSSION

Moisture content

The moisture content of butters varied between 12.96-39.69% (m/m) and the mean value is 20.67% (m/m). Turkish national standard (Anonymous, 2021b) specified the maximum moisture content in butter as 16% (m/m). Significant differences were seen among the samples ($P < 0.05$). As seen from Table 1, seven

of 18 butters from national markets and only one of 5 butters from local markets showed suitable moisture content according to the proposed level. All butters from bazaars showed higher moisture content than the accepted moisture content level. Similarly, Akgül et al. (2021) reported 23 of 30 butters obtained from Trabzon were not in accordance with the standard. The wide range in moisture content may result from the differences in production methods, season, type of butter and storage conditions (Akgül et al., 2021). However, high moisture predisposes lipase activity, stimulates microorganisms' growth and hydrolysis of the triglycerides (Idoui et al., 2013).

Fat content

Milk fat is the main component of butter and therefore, fat analysis is important to evaluate the compositional properties of butter. The fat content of the investigated butters varied between 57.74-84.17% (m/m) (Table1) and the mean value is 74.53% (m/m). Turkish national standard (Anonymous, 2021b) specified the minimum fat content in whole-fat butter as 80% (m/m). The fat content of 7 of 28 (25%) samples complied with the minimum limit for whole-fat butter reported in standards. Interestingly, any sample from bazaar and 16 of 23 samples from the national or local market was not in accordance with the legislation. The legislation reported that "if the milk fat ratio is outside the ranges given in the butter type table, butter is included in the closest subtype." In this case, 20 samples should be classified as half-fat or reduced-fat butter type, although they are not labeled as or sold as half-fat or reduced-fat. Similar results were analyzed by Çakmakçı et al. (2020). They reported that this situation would cause honest producers to suffer financially, and consumers will be malnourished, deceived, and overpaid compared to butter containing more milk fat. Fındık and Andiç (2017) reported the milk fat content of the butters obtained from markets in Van market in the range of 77-83% (m/m). Akgül et al. (2021) reported the fat content of butters obtained from Trabzon was between 41 and 85% (m/m) and 13 of 30 butters were not in accordance with the legislation.

Assessment of butters properties

Table 1 Some physicochemical properties of butters

	Moisture (%, m/m)	Fat (%, m/m)	NSF (%, m/m)	Salt (%, m/m)	AV (mg KOH/g fat)
1	16.69±0.30 ^{a,b,c}	80.74±1.20 ^{f,g,h,i,j}	2.57±0.04 ^{a,b,c,d}	0.13±0.15 ^{a,b,c}	4.11±0.11 ^{a,b,c}
2	12.96±0.90 ^a	84.17±0.10 ^j	1.88±0.52 ^{a,b}	0.14±0.01 ^{a,b,c,d}	3.54±0.07 ^{a,b,c}
3	21.69±1.27 ^c	74.32±1.05 ^{c,d,e,f,g,h,i}	3.99±0.01 ^{a,b,c,d}	0.17±0.02 ^{a,b,c,d}	4.51±0.37 ^{b,c}
4	32.63±0.26 ^d	62.82±0.21 ^{a,b}	4.48±0.32 ^{b,c}	0.17±0.00 ^{a,b,c,d}	4.93±0.03 ^d
5	17.02±1.32 ^{a,b,c}	73.97±0.48 ^{c,d,e,f,g,h}	8.78±1.00 ^e	0.14±0.01 ^{a,b,c,d}	3.80±0.01 ^{a,b,c}
6	33.20±1.29 ^e	62.63±1.15 ^{a,b}	4.15±0.19 ^{a,b,c,d}	0.15±0.00 ^{a,b,c,d}	4.60±0.17 ^e
7	20.65±0.27 ^{b,c}	75.51±1.32 ^{d,e,f,g,h,i}	3.57±0.58 ^{a,b,c,d}	0.17±0.00 ^{a,b,c,d}	3.11±0.28 ^{a,b,c}
8	39.69±0.07 ^f	57.74±1.46 ^a	1.78±0.17 ^a	0.18±0.00 ^{a,b,d}	3.49±0.49 ^{a,b,c}
9	25.02±0.02 ^g	68.20±2.78 ^{b,c,d}	5.82±0.36 ^f	0.56±0.01 ^e	4.89±0.17 ^f
10	14.38±0.70 ^{a,b,c}	75.72±0.10 ^{d,e,f,g,h,i}	9.32±1.00 ^g	0.23±0.02 ^f	4.35±0.06 ^{b,c}
11	19.94±1.32 ^{a,b,c}	77.20±1.16 ^{e,f,g,h,i,j}	2.49±0.26 ^{a,b,c,d}	0.18±0.01 ^{a,b,c,d}	2.22±0.24 ^{a,b,c}
12	14.64±0.01 ^{a,b,c}	82.27±1.25 ^{h,i,j}	2.50±0.18 ^{a,b,c,d}	0.19±0.00 ^{b,c,d}	2.99±0.61 ^{a,b,c}
13	14.32±0.08 ^{a,b}	82.53±1.61 ^{i,j}	2.42±0.57 ^{a,b,c,d}	0.24±0.01 ^g	3.96±0.71 ^{a,b,c}
14	15.15±0.03 ^{a,b,c}	81.79±1.00 ^{h,i,j}	2.25±0.26 ^{a,b,c,d}	0.19±0.01 ^{c,d}	2.18±0.09 ^{a,b}
15	16.61±0.25 ^{a,b,c}	80.27±1.12 ^{f,g,h,i,j}	2.34±0.32 ^{a,b,c,d}	0.21±0.01 ^h	2.96±0.11 ^{a,b,c}
16	16.60±0.01 ^{a,b,c}	77.90±1.23 ^{e,f,g,h,i,j}	4.86±0.15 ^{c,d}	0.18±0.00 ^{a,b,c,d}	2.17±0.10 ^{a,b,c}
17	15.11±3.33 ^{a,b,c}	72.76±1.05 ^{c,d,e,f}	11.76±1.00 ^h	0.16±0.01 ^{a,b,c,d}	1.99±0.09 ^a
18	15.95±0.21 ^{a,b,c}	77.25±1.61 ^{e,f,g,h,i,j}	6.02±1.61 ⁱ	0.20±0.00 ^b	2.69±0.01 ^{a,b,c}
19	22.38±0.01 ^c	72.77±0.17 ^{c,d,e,f}	3.99±0.17 ^{a,b,c,d}	0.16±0.01 ^{a,b,c,d}	4.46±1.65 ^{a,b,c}
20	20.30±0.15 ^{b,c}	76.80±0.13 ^{e,f,g,h,i,j}	2.90±0.13 ^{a,b,c,d}	0.11±0.01 ^a	5.05±0.04 ^g
21	19.01±0.53 ^{a,b,c}	78.75±0.10 ^{f,g,h,i,j}	2.24±0.10 ^{a,b,c}	0.15±0.01 ^{a,c,d}	3.97±0.31 ^{a,b,c}
22	16.01±0.80 ^{a,b,c}	81.32±0.08 ^{g,h,i,j}	2.68±0.08 ^{a,b,c,d}	0.12±0.01 ^{a,b}	6.09±1.74 ^h
23	18.50±1.22 ^{a,b,c}	77.80±0.12 ^{e,f,g,h,i,j}	3.65±0.12 ^{a,b,c,d}	0.14±0.02 ^{a,b,c,d}	6.05±0.30 ⁱ
24	30.90±0.45 ^h	67.19±0.00 ^{b,c}	2.32±0.00 ^{a,b,c,d}	0.18±0.01 ^{a,b,c,d}	5.42±0.00 ^j
25	20.37±0.40 ^{b,c}	72.79±1.06 ^{c,d,e,f}	5.71±1.06 ^b	0.13±0.01 ^{a,b,c,d}	2.99±0.27 ^{a,b,c}
26	20.37±0.04 ^{b,c}	73.00±0.42 ^{c,d,e,f,g}	6.98±0.96 ^j	0.17±0.01 ^{a,b,c,d}	3.38±0.33 ^{a,b,c}
27	22.90±0.69 ⁱ	70.25±0.75 ^{b,c,d,e}	7.00±0.42 ^k	0.28±0.01 ⁱ	5.70±0.35 ^k
28	25.90±0.89 ⁱ	68.44±0.34 ^{b,c,d}	4.62±0.75 ^{b,c,d}	0.47±0.01 ⁱ	7.60±0.48 ^l
Mean	20.67	74.53	4.39	0.19	4.04

Values are expressed as mean ± standard deviation. * Different letters in a column (ie within the same category) are significantly different ($P < 0.05$).

Table 1 Some physicochemical properties of butters (continued)

	LA (%, m/m)	OA (%, m/m)	PV (meq O ₂ / kg)	TBA (mg MA/kg fat)	LA (%, m/m)
1	0.66±0.20 ^{a,b,c,d}	1.71±0.05 ^{a,b,c,d,e}	3.26±0.18 ^{a,b,c}	0.08±0.00 ^{d,e,f,g,h}	0.66±0.20 ^{a,b,c,d}
2	0.57±0.01 ^{a,b,c,d}	1.54±0.03 ^{a,b,c,d}	0.80±0.72 ^{a,b,c}	0.12±0.00 ^{h,i,j,k,l}	0.57±0.01 ^{a,b,c,d}
3	0.72±0.06 ^{a,b,c,d}	1.76±0.14 ^{a,b,c,d,e}	2.45±0.22 ^{a,b,c,d}	0.11±0.00 ^{h,i,j,k,l}	0.72±0.06 ^{a,b,c,d}
4	0.79±0.00 ^{a,b,c,d,e}	1.66±0.01 ^{a,b,c,d,e}	1.32±0.60 ^{a,b,c}	0.14±0.00 ^l	0.79±0.00 ^{a,b,c,d,e}
5	0.61±0.03 ^{a,b,c,d}	1.57±0.005 ^{a,b,c,d}	3.86±0.19 ^{a,b}	0.15±0.00 ^{k,l}	0.61±0.03 ^{a,b,c,d}
6	0.74±0.04 ^{a,b,c,d}	1.53±0.06 ^{a,b,c,d}	7.95±0.74 ^{a,b,c}	0.18±0.00 ^m	0.74±0.04 ^{a,b,c,d}
7	0.50±0.04 ^{a,b,c,d}	1.23±0.11 ^{a,b}	0.00±0.79 ^{a,b}	0.10±0.02 ^{i,j,k,l}	0.50±0.04 ^{a,b,c,d}
8	0.56±0.08 ^{a,b,c,d}	1.05±0.15 ^{a,b}	4.99±0.08 ^{a,b,c}	0.13±0.01 ^{d,e,f,g,h,i}	0.56±0.08 ^{a,b,c,d}
9	0.79±0.02 ^{a,b,c,d,e}	1.76±0.06 ^{a,b,c,d,e}	0.69±0.13 ^{a,b}	0.15±0.02 ^{k,l}	0.79±0.02 ^{a,b,c,d,e}
10	0.70±0.01 ^{a,b,c,d}	1.49±0.02 ^{a,b,c,d}	7.56±0.25 ^{a,b,c,d,e}	0.07±0.01 ^{c,d,e,f,g}	0.70±0.01 ^{a,b,c,d}
11	0.36±0.04 ^{a,b}	0.89±0.09 ^a	6.25±0.00 ^f	0.04±0.00 ^{a,b}	0.36±0.04 ^{a,b}
12	0.48±0.01 ^{a,b,c}	1.27±0.26 ^{a,b}	3.73±1.10 ^a	0.02±0.00 ^{a,b,c,d}	0.48±0.01 ^{a,b,c}
13	0.64±0.04 ^{a,b,c,d}	1.69±0.30 ^{a,b,c,d,e}	5.85±1.03 ^{a,b,c,d,e}	0.06±0.00 ^{e,f,g,h,i}	0.64±0.04 ^{a,b,c,d}
14	0.35±0.10 ^{a,b}	0.92±0.04 ^a	0.60±0.04 ^{a,b,c,d,e}	0.05±0.00 ^{a,b,c}	0.35±0.10 ^{a,b}
15	0.48±0.11 ^{a,b,c}	1.23±0.04 ^{a,b}	1.98±0.41 ^{a,b}	0.10±0.00 ^{f,g,h,i,j}	0.48±0.11 ^{a,b,c}
16	0.35±0.01 ^{a,b}	0.90±0.00 ^a	3.86±0.28 ^{d,e}	0.04±0.00 ^{a,b,c,d,e}	0.35±0.01 ^{a,b}
17	0.32±0.00 ^a	0.84±0.04 ^a	0.94±0.57 ^{a,b,c}	0.11±0.00 ^{g,h,i,j}	0.32±0.00 ^a
18	0.43±0.015 ^{a,b,c}	1.13±0.00 ^{a,b}	3.59±0.57 ^{c,d,e}	0.01±0.00 ^a	0.43±0.015 ^{a,b,c}
19	0.72±0.00 ^{a,b,c,d}	1.73±0.64 ^{a,b,c,d,e}	6.02±2.24 ^{c,d,e}	0.16±0.00 ^{e,f,g,h,i}	0.72±0.00 ^{a,b,c,d}
20	0.81±0.26 ^{b,c,d,e}	2.01±0.01 ^{a,b,c,d,e}	2.75±0.57 ^{a,b,c}	0.15±0.00 ^{k,l}	0.81±0.26 ^{b,c,d,e}
21	0.64±0.01 ^{a,b,c,d}	1.11±0.08 ^{a,b}	3.78±1.86 ^{c,d,e}	0.10±0.00 ^{f,g,h,i,j}	0.64±0.01 ^{a,b,c,d}
22	0.98±0.05 ^{d,e}	2.55±0.73 ^{d,e}	1.00±0.59 ^{a,b}	0.08±0.02 ^{e,f,g,h,i}	0.98±0.05 ^{d,e}
23	0.97±0.28 ^{d,e}	2.46±0.12 ^{c,d,e}	2.98±0.39 ^{a,b,c}	0.13±0.01 ^{i,j,k,l}	0.97±0.28 ^{d,e}
24	0.87±0.05 ^{c,d,e}	1.67±0.00 ^{a,b,c,d,e}	2.98±0.97 ^{a,b,c,d,e}	0.08±0.01 ^{e,f,g,h,i}	0.87±0.05 ^{c,d,e}
25	0.48±0.45 ^{a,b,c}	1.23±0.11 ^{a,b}	4.48±0.93 ^{a,b}	0.08±0.00 ^{e,f,g,h,i}	0.48±0.45 ^{a,b,c}
26	0.54±0.00 ^{a,b,c,d}	1.34±0.13 ^{a,b,c}	3.24±0.20 ^{a,b}	0.24±0.00 ^m	0.54±0.00 ^{a,b,c,d}
27	0.91±0.08 ^{c,d,e}	2.19±0.015 ^{b,c,d,e}	0.59±0.40 ^{a,b,c,d}	0.06±0.00 ^{b,c,d,e,f}	0.91±0.08 ^{c,d,e}
28	1.22±0.03 ^e	2.81±0.18 ^e	3.56±0.40 ^{a,b,c,d}	0.04±0.00 ^{a,b,c,d,e}	1.22±0.03 ^e
Mean	0.65	1.55	3.25	0.09	0.65

Values are expressed as mean ± standard deviation. * Different letters in a column (ie within the same category) are significantly different ($P < 0.05$).

Non-fat solid content

Non-fat solid content of butters changed between 1.78-11.76% (m/m) and the mean value was 4.39% (m/m). According to the Turkish national standard, the maximum milk non-fat solid content must be 2% (m/m) (Anonymous, 2021). In this manner, 27 of 28 (96.42%) butters showed

higher non-fat solid content than the maximum limit in the related standards. Non-fat solid content, including lactose, protein, minerals, etc., enhances aromatic compounds and nutritional value. However, they are not desirable in the butter since they can increase microbial spoilage risk. Moreover, these results showed that dairies

lacked modern technology and appropriate equipment for churning, washing, and malaxation, directly related to non-fat solid content as mentioned by Çelik and Bakirci (2000). Dervişoğlu et al. (2013) noted that 59 of 88 (67.05%) butters supplied from the Black Sea region did not comply with non-fat solids content. Altun et al. (2011) reported that non-fat solid content of 90% of the butters and fat content of 70% of the butters obtained from market in Van was out of the range suggested by Turkish national standard.

Salt content

Salt is used to inhibit the growth of bacteria and microorganisms and is a natural preservative to extend the shelf-life of food products on the market. On the other hand, high salt consumption causes health issues such as hypertension (Haron et al., 2020). The salt content of investigated butters ranged from 0.11 to 0.56% (m/m), and the average value was found as 0.19 % (m/m). According to the Turkish national standard, the maximum salt content must be 2% (Anonymous, 2021b). Thus, all the salt content of the butters complied with the proposed values in legislation. Similarly, Akgül et al. (2021) found that all butters supplied from Trabzon were coherent with the Turkish standard. Haron et al. (2020) reported that 79.5% of butter and margarine products in Malaysia had an average salt content above the reference value stated in the International Product Criteria.

Acid value

The acid value is the amount KOH in milligram required to neutralize the free fatty acids in one gram of pure oil. It is critical to determine the acid value, which is an indicator of free fatty acid degradation, to evaluate butter's storage stability and quality. The presence of free fatty acids in butter cause flavor degradation (fatty acids with less than 16 C atoms) and carry the risk of creating oxidation reactions (Fındık and Andıç, 2017). The minimum acid value for the investigated butters was 1.99 mg KOH/ g butter oil, while the maximum was 7.60 mg KOH/ g butter oil. Atamer (1993) reported that if the amount of free fatty acids reaches 1.80 mg KOH/g fat, a

perceptible change occurs in the taste of butter. If it reaches 3.30 mg KOH/g fat, a significant bitterness occurs in the butter (Atamer and Sezgin, 1984). According to our results, all butters had an acid value higher than 1.8 mg KOH/g fat, which means all butters have a perceptible change in taste. Besides, 4 of 28 samples had an acid value greater than 3.3 mg KOH/ g fat. Acid values of three butters (B22, B23, B28) were relatively high (over 4 mg KOH/ g oil) and this can cause lipolytic rancidity. The acid value is associated with an excess of free fatty acid due to the hydrolysis of triglycerides in fat and oil (Demirkol et al., 2016). Thus, a higher acid value indicates unfavorable processing and storage circumstances, such as increased storage temperature and relative humidity and increased lipase activity in butter due to insufficient thermal processing (Wilbey, 2009; Demirkol et al., 2016).

Titrateable acidity

Lactic acid of the butters ranged between 0.32 and 0.98% (m/m) and the mean value is 0.49% (m/m) (Table 1). The mean titrateable acidity values of the investigated butters were lower than reported values of butter obtained from the Black sea region (mean= 0.55%, m/m) (Dervisoglu et al., 2013) and obtained from Trabzon, Turkey (mean= 0.86%, m/m) (Akgül et al., 2021). High titrateable acidity (% lactic acid) can be associated with undesirable microflora and the use of low-quality milk for the production of butter (Demirkol et al., 2016). Besides, the higher lactic acid values may be related to lipid degradation, where there is a release of aldehydes or conversion of residual lactose into lactic acid, caused by inadequacy in processing or excessive exposure to light (da Silva et al., 2020). Oleic acid of the butters ranged between 0.89 and 2.81% (m/m), and the mean value was 1.55% (Table 1). The differences in the acidity (% oleic acid) of butters may be related to the characteristics of the cream and yoghurt from which they are produced, the method the butter is produced and, the number of microorganisms that develop the acidity (Ergin, 1976). Méndez-Cid et al. (2017) reported the acidity of salted and unsalted butter as 0.35 and 0.42 (oleic acid%), respectively. These researchers reported that acidity increased 2.8

times higher at the end of the nine-month storage than in fresh butter and higher storage temperatures led to higher acidity values; the presence of salt also produced a slight increase in the values (Méndez-Cid et al., 2017). The maximum limit of acidity is 0.27 % (m/m) for whole-fat butters (Anonymous, 2021b). In this manner, all butters had higher acidity values than the recommended value.

Peroxide value

Peroxide is the primary oxidation product and peroxide value is a commonly used quality parameter for fats and oils. Oxidative rancidity is influenced by many factors such as fatty acid composition, oxygen availability, light and temperature exposure, minor components in the oil/fat (Flakelar et al., 2015). Turkish national standard (Anonymous, 2008; 2015) does not report a maximum limit of peroxide value for salted butter. However, EC Commission regulations (Anonymous, 2008) specified the maximum value of peroxide detected must be below 0.3 meq O₂/kg fat for unsalted butter. The peroxide value of the investigated butters was between 0.00 and 8.49 meq O₂/kg fat. If 0.3 meq O₂/kg fat is taken as reference, 27 of 28 (96.42%) butters had a peroxide value higher than 0.3 meq O₂/kg. These findings indicate that most butters had unsuitable production, storage or transportation conditions. Additionally, Atamer (1993) reported that if the peroxide number in butter reaches 2 meq O₂/kg fat, an unusually bland taste is perceived. The peroxide value of 19 of 28 (67.85%) butters obtained from market and bazaars was higher than 2. Our results are generally in parallel to the peroxide value of butters reported in the literature (Akgül et al., 2021; Celik, Bakirci, 2000; Sevmiş et al., 2020).

TBA value

TBA value gives the amount of malonaldehyde at the advanced stages of oxidation. There is not any limitation for TBA values in the European and Turkish legislation of butter (Anonymous 2008; 2015). Atamer et al. (1982) reported that rancid taste is noticeable when TBA values are higher than 0.3 mg malonaldehyde/ kg fat. TBA value of the investigated butters was between 0.02 and

0.24 MA/ kg fat, and the mean value was 0.096 mg MA/ kg fat. If 0.3 mg MA/ kg fat is considered as a reference, all-butters have a lower TBA value than 0.3 mg MA/kg fat. Demirkaya (2013) noted that TBA value of 50 butters from Bilecik market changed between 0.078-0.236 µg MA/g and the average TBA value was 0.145±0.038 µg MA/g.

Fatty acid composition

The milk fat composition is affected by several factors such as animal species, nutrition, climate and environmental conditions (Samet-Bali et al., 2009) and it is not constant. Thus, there is not an expected standard fatty acid composition for butters. In the present study, saturated fatty acid (SFA), monounsaturated fatty acid (MUFA) and polyunsaturated fatty acid content (PUFA) varied between 61.87-73.19%, 23.14-34.08% and 1.60-3.59%, respectively. Similarly, Dervişoğlu et al. (2013) analyzed the fatty acid composition of 88 butters from the Black sea region. They reported the average percentage composition of SFA, MUFA, and PUFA as 73.63, 23.12, and 1.62, respectively. In our study, the predominant fatty acids of butters were palmitic (31.09%), followed by oleic, stearic, and myristic acid with average percentages of 26.07, 12.64 and 10.98, respectively. Akgül et al. (2021) also reported the primary fatty acid composition of butters from Trabzon as palmitic (35.15%), oleic (28.13), stearic (14.19%), and myristic acid (10.77%). Besides, they reported a lower butyric acid content (0.47%) compared to our results (2.41%). Butyric acid is another important fatty acid of butters. Butyric acid is reported as a potent inhibitor of cancer cell proliferation, whereas it is also responsible for the rancidity of butter resulting from lipolysis (Dervisoglu et al., 2013). Investigated butters contain two essential fatty acids, linoleic and linolenic acids, at the average percentages of 0.35 and 1.27, respectively. B19, B20 and B21 had higher C10:0 content than other butters (Table 2). C10:0 is a fatty acid widely presented in palm kernel and coconut (Konkol and Rasmussen, 2015).

Table 2. Fatty acid composition of butters (%)

Butters	C4:0	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0
1	2.18±0.39 ^b	1.71±0.04 ^a	1.15±0.08 ^a	2.72±0.29 ^a	3.28±0.19 ^a
2	2.06±0.41 ^b	1.68±0.15 ^a	1.12±0.08 ^a	2.68±0.05 ^a	3.19±0.14 ^a
3	2.53±0.41 ^b	1.74±0.01 ^a	1.11±0.20 ^a	2.57±0.07 ^a	3.03±0.25 ^a
4	2.53±0.69 ^b	1.73±0.00 ^a	1.11±0.29 ^a	2.64±0.46 ^a	3.39±0.38 ^a
5	2.56±0.26 ^b	1.78±0.03 ^a	1.15±0.14 ^a	2.67±0.18 ^a	3.20±0.48 ^a
6	2.37±0.26 ^b	1.67±0.12 ^a	1.08±0.11 ^a	2.58±0.24 ^a	3.00±0.16 ^a
7	2.56±0.31 ^b	1.78±0.14 ^a	1.14±0.12 ^a	2.67±0.11 ^a	3.15±0.21 ^a
8	2.37±0.40 ^b	1.59±0.38 ^a	1.01±0.01 ^a	2.32±0.05 ^a	2.78±0.14 ^a
9	2.67±0.41 ^b	1.80±0.21 ^a	1.13±0.02 ^a	2.58±0.31 ^a	3.08±0.28 ^a
10	2.33±0.84 ^{b,c}	1.73±0.24 ^a	0.00±0.01 ^a	2.73±0.05 ^a	3.58±0.39 ^a
11	2.58±0.98 ^{b,c}	1.80±0.21 ^a	1.16±0.18 ^a	2.75±0.08 ^a	3.27±0.11 ^a
12	2.56±0.98 ^b	1.77±0.08 ^a	1.15±0.91 ^a	2.71±0.21 ^a	3.26±0.35 ^a
13	2.62±0.97 ^{b,c}	1.82±0.04 ^a	0.00±0.00 ^a	2.75±0.26 ^a	3.28±0.11 ^a
14	2.56±0.27 ^b	1.75±0.07 ^a	1.13±0.04 ^a	2.62±0.04 ^a	3.08±0.16 ^a
15	2.61±0.55 ^b	1.79±0.21 ^a	1.13±0.02 ^a	2.62±0.04 ^a	3.12±0.11 ^a
16	2.68±0.26 ^b	1.79±0.19 ^a	1.11±0.02 ^a	2.54±0.25 ^a	3.06±0.08 ^a
17	2.53±0.13 ^b	1.80±0.25 ^a	1.17±0.21 ^a	2.78±0.12 ^a	3.38±0.29 ^a
18	2.52±0.27 ^{b,c}	1.86±0.15 ^a	1.24±0.36 ^a	3.02±0.05 ^a	3.70±0.28 ^a
19	2.20±0.97 ^a	2.20±0.49 ^a	0.01±0.00 ^a	7.26±0.55 ^a	3.03±0.11 ^a
20	1.93±0.97 ^a	2.15±0.28 ^a	2.49±0.18 ^a	8.64±0.74 ^a	3.69±0.38 ^a
21	1.98±0.97 ^a	2.15±0.28 ^a	2.44±0.18 ^a	8.19±0.14 ^a	3.49±0.11 ^a
22	2.39±0.13 ^b	1.63±0.25 ^a	1.01±0.02 ^a	2.31±0.45 ^a	2.74±0.26 ^a
23	2.43±0.41 ^b	1.71±0.08 ^a	1.09±0.09 ^a	2.53±0.12 ^a	3.01±0.18 ^a
24	2.24±0.40 ^b	1.50±0.38 ^a	0.93±0.05 ^a	2.10±0.29 ^a	2.46±0.29 ^a
25	2.26±0.38 ^c	1.78±0.73 ^a	1.23±0.32 ^a	3.16±0.21 ^a	3.99±0.15 ^a
26	2.37±0.69 ^b	1.69±0.16 ^a	1.10±0.21 ^a	2.53±0.29 ^a	3.03±0.25 ^a
27	2.28±0.41 ^b	1.65±0.65 ^a	1.05±0.02 ^a	2.50±0.22 ^a	3.02±0.04 ^a
28	2.57±0.41 ^b	1.42±0.15 ^a	0.80±0.25 ^a	1.67±0.15 ^a	1.90±0.04 ^a
Mean	2.41	1.77	1.08	3.17	3.15

Table 2. (Continued) Fatty acid composition of butters (%)

Butters	C14:0	C15:0	C16:0	C18:0	C18:1
1	11.60±0.52 ^a	1.27±0.15 ^a	32.78±1.37 ^d	11.94±1.18 ^{a,b,c}	24.56±0.79 ^{a,b}
2	11.35±0.49 ^a	1.18±0.09 ^a	31.08±0.26 ^{a,b,c}	12.63±0.87 ^{b,c}	26.16±0.24 ^{a,b,c,d}
3	10.97±1.21 ^a	1.16±0.07 ^a	31.03±1.31 ^{a,b,c}	13.05±0.26 ^d	26.31±1.83 ^{a,b,c,d,e}
4	11.20±0.31 ^a	1.20±0.11 ^a	30.53±0.76 ^{a,b,c}	12.82±1.15 ^{b,c}	26.17±1.64 ^{a,b,c,d}
5	11.50±0.87 ^a	1.15±0.18 ^a	31.17±0.86 ^{a,b,c}	12.60±0.83 ^{a,b,c}	25.60±1.55 ^{a,b,c,d}
6	10.95±1.17 ^a	1.27±0.24 ^a	30.67±1.11 ^{a,b,c}	11.96±1.06 ^{a,b,c}	27.95±1.56 ^{c,d,e}
7	11.39±0.72 ^a	1.21±0.04 ^a	31.24±0.55 ^{a,b,c}	12.48±0.98 ^{a,b,c}	25.70±1.31 ^{a,b,c,d}
8	10.27±0.38 ^a	1.12±0.02 ^a	29.26±0.38 ^{a,b,c}	13.05±0.28 ^e	29.74±1.35 ^{d,e,f}
9	11.07±0.45 ^a	1.09±0.11 ^a	31.23±0.69 ^{a,b,c}	12.57±0.83 ^{a,b,c}	26.06±1.41 ^{a,b,c,d}
10	12.54±0.94 ^a	1.61±0.22 ^a	38.09±0.91 ^e	9.26±0.42 ^a	22.43±1.06 ^{a,b}
11	11.61±0.69 ^a	1.26±0.08 ^a	32.59±0.69 ^f	11.97±0.55 ^{a,b,c}	24.58±0.80 ^{a,b,c}
12	11.56±0.65 ^a	1.23±0.08 ^a	32.45±0.80 ^g	12.01±0.32 ^{a,b,c}	24.82±1.48 ^{a,b,c}
13	11.67±0.80 ^a	1.29±0.25 ^a	32.08±0.74 ^c	12.48±0.83 ^{a,b,c}	25.28±0.41 ^{a,b,c,d}
14	11.01±0.77 ^a	1.21±0.21 ^a	29.72±0.22 ^{a,b,c}	12.00±0.31 ^{a,b,c}	28.63±1.21 ^{c,d,e,f}
15	11.38±0.39 ^a	1.18±0.00 ^a	30.83±1.01 ^{a,b,c}	12.92±0.50 ^c	25.97±1.23 ^{a,b,c,d}
16	11.40±0.87 ^a	1.16±0.07 ^a	31.85±1.85 ^{b,c}	12.73±1.34 ^{a,b,c}	25.21±1.07 ^{a,b,c,d}
17	11.92±0.50 ^a	1.22±0.16 ^a	32.96±1.54 ^h	11.18±0.42 ^{a,b,c}	24.48±0.59 ^{a,b,c}
18	12.39±0.86 ^a	1.32±0.29 ^a	35.06±0.26 ⁱ	10.55±0.62 ^{a,b}	22.04±0.02 ^a
19	7.72±1.07 ^a	0.57±0.01 ^a	23.98±1.75 ^a	17.16±0.93 ^f	30.65±0.74 ^{c,f}
20	9.84±0.83 ^a	1.01±0.02 ^a	29.92±1.45 ^{a,b,c}	12.37±0.52 ^{a,b,c}	22.36±1.56 ^{a,b}
21	9.65±0.62 ^a	1.06±0.02 ^a	29.02±0.33 ^{a,b,c}	13.05±0.56 ^g	22.86±1.07 ^{a,b}
22	10.53±0.83 ^a	1.10±0.01 ^a	28.94±1.48 ^{a,b,c}	14.44±0.67 ^h	28.33±0.79 ^{c,d,e,f}
23	10.81±0.84 ^a	1.20±0.14 ^a	29.80±0.04 ^{a,b,c}	12.01±0.50 ^{a,b,c}	28.75±1.42 ^{c,d,e,f}
24	9.41±0.57 ^a	1.13±0.15 ^a	27.97±1.20 ^{a,b}	13.33±0.52 ⁱ	32.27±0.73 ^f
25	13.56±0.97 ^a	1.14±0.09 ^a	33.00±0.62 ^j	12.20±0.33 ^{a,b,c}	21.92±1.15 ^a
26	10.70±0.36 ^a	1.04±0.05 ^a	31.68±1.14 ^{b,c}	12.05±0.56 ^{a,b,c}	26.95±1.20 ^{b,c,d,e}
27	11.39±0.91 ^a	1.35±0.31 ^a	32.73±1.40 ^k	10.82±1.15 ^{a,b,c}	25.46±1 ^{a,b,c,d}
28	7.94±0.42 ^a	0.94±0.01 ^a	29.00±0.36 ^{a,b,c}	18.20±0.90 ^j	28.80±0.98 ^{c,d,e,f}
Mean	10.98	1.17	31.10	12.64	26.07

Table 2. (Continued) Fatty acid composition of butters (%)

Butters	C18:2	Others	SFA	MUFA	PUFA
1	2.97±0.05 ^{a,b,c}	3.08±0.50 ^a	69.52±0.59 ^{b,c,d,e}	26.49±0.74 ^{b,c,d}	3.32±0.02 ^a
2	3.08±0.11 ^a	3.11±3.42 ^a	67.81±2.71 ^{b,c,d,e}	28.08±0.82 ^{d,e,f,g}	3.42±0.29 ^a
3	2.95±0.11 ^a	3.59±4.25 ^a	68.03±1.54 ^{b,c,d,e}	28.15±0.70 ^{d,e,f,g}	3.30±0.12 ^a
4	2.84±0.48 ^a	3.09±0.06 ^a	68.00±2.00 ^{b,c,d,e}	28.05±0.28 ^{d,e,f,g}	3.21±0.28 ^a
5	2.85±0.26 ^a	3.07±4.11 ^a	68.60±0.86 ^{b,c,d,e}	27.51±0.73 ^{d,e,f,g}	3.21±0.22 ^a
6	2.63±0.33 ^a	3.26±4.61 ^a	66.44±0.93 ^{a,b,c}	29.85±1.2 ^{e,f,g,h}	3.03±0.22 ^a
7	2.84±0.39 ^a	3.12±2.24 ^a	68.46±1.27 ^{b,c,d,e}	27.61±0.87 ^{d,e,f,g}	3.21±0.60 ^a
8	2.80±0.49 ^a	3.00±1.25 ^a	64.56±0.81 ^{a,b}	31.53±0.83 ^{h,i}	3.22±0.29 ^a
9	3.07±0.25 ^a	3.64±2.48 ^a	68.03±1.2 ^{b,c,d,e}	27.92±1.37 ^{e,f,g,h}	3.41±0.57 ^a
10	1.24±0.02 ^a	4.89±2.75 ^a	72.72±2.1 ^{d,e}	25.10±1.12 ^{b,c,d}	1.60±0.16 ^a
11	2.55±0.33 ^a	2.98±0.47 ^a	69.87±1.25 ^{b,c,d,e}	26.49±1.01 ^{b,c,d}	2.74±0.25 ^a
12	2.72±0.21 ^a	3.64±1.06 ^a	69.54±0.77 ^{b,c,d,e}	26.72±1.18 ^{b,c,d,e}	3.06±0.41 ^a
13	2.80±0.21 ^a	3.04±2.22 ^a	68.89±1.88 ^{b,c,d,e}	27.23±0.33 ^{d,e,f}	2.99±0.15 ^a
14	2.57±0.35 ^a	3.21±4.53 ^a	65.90±1.59 ^{a,b}	30.49±1.01 ^{g,h}	2.93±0.16 ^a
15	2.68±0.35 ^a	2.93±1.87 ^a	68.40±1.47 ^{b,c,d,e}	27.89±0.96 ^{d,e,f,g}	2.87±0.50 ^a
16	2.81±0.35 ^a	3.01±0.15 ^a	69.13±0.79 ^{b,c,d,e}	27.04±0.22 ^{c,d,e,f}	3.18±0.25 ^a
17	2.66±0.13 ^a	2.98±1.93 ^a	69.76±1.23 ^{b,c,d,e}	26.55±0.96 ^{b,c,d}	2.85±0.41 ^a
18	2.36±0.33 ^a	3.10±2.23 ^a	72.57±1.86 ^{d,e}	24.05±0.24 ^{a,b,c}	2.54±0.26 ^a
19	2.61±0.09 ^a	2.08±1.74 ^a	65.02±1.11 ^{a,b}	31.56±0.97 ^{h,i}	2.89±0.39 ^a
20	2.31±0.29 ^a	2.27±0.39 ^a	72.94±1.51 ^e	23.14±0.5 ^a	2.69±0.33 ^a
21	2.53±0.04 ^a	2.07±1.73 ^a	71.97±1.69 ^{c,d,e}	23.76±1.07 ^{a,b}	2.96±0.11 ^a
22	2.89±0.62 ^a	3.03±2.74 ^a	65.89±2.98 ^{a,b}	30.08±0.28 ^{e,f,g,h}	3.32±0.07 ^a
23	2.69±0.67 ^a	3.28±1.16 ^a	65.42±0.91 ^{a,b}	30.62±0.87 ^{g,h}	3.27±0.38 ^a
24	2.88±0.45 ^a	3.03±1.64 ^a	61.87±1.55 ^a	34.08±0.28 ⁱ	3.30±0.04 ^a
25	1.84±0.39 ^a	3.27±0.21 ^a	73.19±0.43 ^e	23.94±0.53 ^{a,b}	2.22±0.02 ^a
26	2.42±0.21 ^a	2.71±0.55 ^a	66.84±1.35 ^{a,b,c,d}	28.76±1.07 ^{d,e,f,g,h}	2.82±0.07 ^a
27	2.00±0.08 ^a	4.24±1.70 ^a	67.69±1.30 ^{b,c,d,e}	28.49±0.69 ^{d,e,f,g,h}	2.43±0.45 ^a
28	3.44±0.48 ^a	2.39±0.46 ^a	65.34±1.10 ^{a,b}	30.13±0.35 ^{f,g,h}	3.59±0.19 ^a
Mean	2.64	2.65	68.30	27.90	2.99

Thermal properties

Melting point and solid fat content are among the most critical predictors of milk fat functionality. (Ortiz-Gonzalez et al., 2007). Although the entire DSC thermogram is the best expression of the melting properties, melting points calculated from DSC data are valuable information as melting points depend on triacylglycerol and fatty acid composition (Larsen et al., 2014). The melting point of milk fat is defined as the temperature at which milk fat becomes visually clear and free of crystals, and is approximately 32 to 36°C for "normal" milk fat (Ortiz-Gonzalez et al., 2007). 25 of 28 butters presented a typical DSC melting curve and had three endothermic peaks (T_{m1} , T_{m2} and T_{m3}) in accordance with literature data (Kashaninejad et al., 2017; Tomaszewska-Gras, 2013). All those 26 butter completely melted at this given range. However, B20 and 21 which were supplied from local markets were out of the mentioned range (Table 3). The endothermic region become narrower in the thermogram of

those samples and melting peak shifted to lower temperatures. This may result from the dilution effect of some vegetable oils such as palm kernel oil. This result confirms the findings obtained from fatty acid composition analysis. Similar to our results, Ortiz-Gonzalez et al. (2007) reported a negative correlation between the content of C4-C10 and the melting temperature of the butters.

The SFC of the butters was also investigated and the melting temperatures of the butters were aligned with SFC values. B20, B21, and B24 presented lower SFC values than those of the other butters at all temperatures (Table 3). At 20°C, B20 and B21 had SFC values of 15.82 and 16.21 while the average value was 24.54. The reason for the sharp differences in SFC for the mentioned two butters may result from the infusion of various oils into butters. Chouinard et al. (1998) reported that supplemental calcium salts of vegetable oils decrease solid fat proportion at 5°C. The solid fat content of the other butters was

in parallel to the results recorded for butters in literature (Chouinard et al., 1998; Ortiz-Gonzalez et al., 2007; Queirós et al., 2016).

Table 3. (Continued) Melting profile and solid fat content (%) of butters

Butter	T _{m1} * (°C)	T _{m2} (°C)	T _{m3} (°C)	T _{m,end} (°C)
1	5.24±0.00 ^{a,b}	14.39±0.00 ^a	30.75±0.00 ^{a,b}	34.03±0.81 ^{b,c}
2	4.84±0.00 ^{a,b}	13.74±0.00 ^a	31.16±0.00 ^{a,b,c}	34.23±0.45 ^{b,c}
3	4.83±0.00 ^{a,b}	14.48±0.00 ^a	31.13±0.45 ^{a,b,c}	34.25±0.60 ^{b,c}
4	5.49±0.00 ^{a,b}	14.23±0.00 ^a	31.32±0.00 ^{b,c,d,e}	34.56±0.69 ^{b,c}
5	5.32±0.00 ^{a,b}	14.38±0.00 ^a	31.32±0.00 ^{b,c,d,e}	34.30±0.86 ^{b,c}
6	4.89±0.00 ^{a,b}	14.29±0.00 ^a	32.00±0.00 ^{d,e,f,g}	35.60±0.00 ^c
7	4.82±0.00 ^{a,b}	13.97±0.00 ^a	31.24±0.00 ^{a,b,c,d}	33.33±2.08 ^{b,c}
8	5.53±0.00 ^{a,b}	14.38±0.00 ^a	32.62±0.00 ^g	35.52±0.00 ^c
9	5.32±0.00 ^{a,b}	14.68±0.04 ^a	31.83±0.28 ^{d,e,f}	35.06±0.95 ^{b,c}
10	5.06±0.25 ^{a,b}	14.78±0.00 ^a	31.48±0.00 ^{b,c,d,e,f}	35.71±0.86 ^c
11	4.95±0.12 ^{a,b}	14.38±0.00 ^a	32.16±0.00 ^{f,g}	34.87±0.00 ^{b,c}
12	4.73±0.00 ^{a,b}	14.28±0.00 ^a	31.72±0.00 ^{c,d,e,f}	34.89±0.50 ^{b,c}
13	5.00±0.00 ^{a,b}	14.32±0.00 ^a	32.00±0.00 ^{d,e,f,g}	35.58±1.08 ^c
14	4.70±0.03 ^{a,b}	14.09±0.19 ^a	31.07±0.00 ^{a,b,c}	33.93±0.74 ^{b,c}
15	3.93±0.00 ^a	14.17±0.00 ^a	32.01±0.00 ^{d,e,f,g}	33.89±0.70 ^{b,c}
16	4.93±0.00 ^{a,b}	14.42±0.00 ^a	32.18±0.00 ^{f,g}	34.83±0.43 ^{b,c}
17	5.16±0.00 ^{a,b}	14.32±0.08 ^a	31.25±0.00 ^{a,b,c,d}	34.17±0.59 ^{b,c}
18	5.25±0.08 ^{a,b}	14.55±0.00 ^a	31.45±0.00 ^{b,c,d,e,f}	34.66±1.26 ^{b,c}
19	15.27±0.00 ^e	29.69±0.00 ^a	-	34.18±0.00 ^{b,c}
20	9.74±1.24 ^d	15.97±0.50 ^a	-	28.58±1.02 ^a
21	10.98±0.00 ^d	16.47±0.00 ^a	-	30.58±0.50 ^{a,b}
22	5.75±0.75 ^{b,c}	14.31±0.00 ^a	32.16±0.00 ^{f,g}	35.27±0.82
23	4.59±0.33 ^{a,b}	13.98±0.00 ^a	31.59±0.00 ^{c,d,e,f}	34.28±0.55 ^{b,c}
24	4.65±0.00 ^{a,b}	13.64±0.17 ^a	32.07±0.01 ^{e,f,g}	35.82±1.18 ^c
25	5.84±0.00 ^{b,c}	16.06±0.00 ^a	32.67±0.00 ^g	35.88±0.79 ^c
26	5.80±0.00 ^{b,c}	14.95±0.00 ^a	30.50±0.00 ^a	36.80±0.00 ^c
27	7.00±0.00 ^c	15.15±0.00 ^a	31.34±0.16 ^{b,c,d,e}	34.13±0.72 ^{b,c}
28	4.00±0.00 ^a	14.18±0.00 ^a	31.22±0.00 ^{a,b,c,d}	36.00±0.25 ^c
Mean	5.84	15.08	31.61	34.27

Table 3. (Continued) Melting profile and solid fat content (%) of butters

Butter	SFC 5°C	SFC 10°C	SFC 15°C	SFC 20°C
1	74.55±0.75 ^{c,d,e,f,g,h,i}	63.79±0.69 ^{c,d,e,f,g,h}	41.66±0.46 ^{a,b,c}	26.03±0.30 ^{a,b,c,d}
2	73.62±0.14 ^{c,d,e,f,g,h}	63.74±0.68 ^{c,d,e,f,g,h}	41.07±0.15 ^{b,c}	26.18±0.40 ^{a,b,c,d}
3	72.49±0.42 ^{c,d,e,f}	61.88±0.38 ^{b,c,d,e,f}	41.33±0.24 ^{a,b,c}	25.50±0.14 ^{a,b,c,d}
4	72.94±0.29 ^{c,d,e,f,g}	61.71±0.26 ^{b,c,d,e,f}	41.55±0.16 ^{a,b,c}	27.13±0.11 ^{a,b,c,d}
5	73.65±0.33 ^{c,d,e,f,g,h}	62.95±0.31 ^{b,c,d,e,f,g}	41.74±0.22 ^{a,b,c}	25.65±0.15 ^{a,b,c,d}
6	72.76±0.30 ^{c,d,e,f,g}	59.89±0.17 ^{b,c}	40.77±0.03 ^{a,b,c}	27.56±0.26 ^{a,b,c,d}
7	73.72±1.17 ^{c,d,e,f,g,h}	62.86±1.08 ^{b,c,d,e,f,g}	41.43±0.69 ^{a,b,c}	26.72±0.45 ^{a,b,c,d}
8	75.36±0.00 ^{d,e,f,g,h,i}	64.56±0.00 ^{d,e,f,g,h}	42.52±0.00 ^c	26.84±0.00 ^{a,b,c,d}
9	75.40±0.36 ^{d,e,f,g,h,i}	64.98±0.34 ^{e,f,g,h}	44.78±0.25 ^c	28.06±0.16 ^{c,d}
10	78.82±0.60 ^{h,i}	70.37±0.58 ^j	51.38±0.44 ^d	33.35±0.29 ^e
11	77.33±0.06 ^{f,g,h,i}	67.79±0.06 ^{h,i,j}	47.40±0.03 ^e	30.39±0.28 ^f
12	76.05±0.58 ^{f,g,h,i}	66.02±0.54 ^{f,g,h,i}	45.71±0.69 ^c	30.03±0.25 ^g
13	75.69±1.26 ^{e,f,g,h,i}	65.57±1.19 ^{e,f,g,h,i}	45.42±0.00 ^f	30.28±0.58 ^h
14	73.99±0.63 ^{c,d,e,f,g,h}	62.97±0.58 ^{b,c,d,e,f,g}	40.65±0.36 ^{a,b,c}	26.07±0.22 ^{a,b,c,d}
15	79.97±0.05 ⁱ	69.70±0.05 ^{i,j}	46.38±0.36 ^g	29.60±0.05 ⁱ
16	78.15±2.15 ^{g,h,i}	67.87±2.06 ^{h,i,j}	46.85±1.48 ^c	30.43±1.01 ^d
17	75.02±1.15 ^{d,e,f,g,h,i}	64.42±1.06 ^{c,d,e,f,g,h}	42.45±0.67 ^{a,b,c}	26.67±0.41 ^{a,b,c,d}
18	74.74±1.53 ^{c,d,e,f,g,h,i}	67.38±0.10 ^{g,h,i,j}	45.85±1.21 ^h	28.91±1.52 ^j

Table 3. (Continued) Melting profile and solid fat content (%) of butters

Butter	SFC 5°C	SFC 10°C	SFC 15°C	SFC 20°C
19	76.83±0.75 ^{f,g,h,i}	63.25±0.69 ^{b,c,d,e,f,g}	40.70±0.44 ^{a,b,c}	19.15±0.17 ^{a,b,c,d}
20	67.52±0.10 ^{a,b}	54.86±0.09 ^a	36.79±0.07 ^a	15.82±0.05 ^a
21	65.56±0.17 ^a	53.74±0.14 ^a	38.48±0.11 ^a	16.21±0.05 ^{a,b}
22	71.26±0.96 ^{c,d}	58.98±0.84 ^b	40.25±0.59 ^{a,b,c}	27.11±0.41 ^{a,b,c,d}
23	71.76±0.19 ^{c,d,e}	61.12±0.18 ^{b,c,d,e}	40.27±0.12 ^{a,b,c}	26.37±0.44 ^{a,b,c,d}
24	65.93±0.88 ^a	54.45±0.77 ^a	38.87±0.58 ^{a,b}	27.67±0.43 ^{a,b,c,d}
25	85.35±0.68 ^j	78.53±0.70 ^k	62.91±0.59 ⁱ	38.45±0.36 ^k
26	70.75±0.10 ^{b,c}	60.34±0.20 ^{b,c,d}	42.79±0.15 ^{a,b,c}	26.12±0.05 ^{a,b,c,d}
27	73.08±0.13 ^{c,d,e,f,g}	64.86±2.62 ^{d,e,f,g,h}	44.55±0.09 ^{a,b,c}	27.34±0.05 ^{b,c,d}
28	71.21±0.15 ^{c,d}	60.37±0.68 ^{b,c,d}	39.15±0.14 ^{a,b,c}	24.54±0.30 ^{a,b,c}
Mean	74.05	63.53	43.34	26.93

CONCLUSION

Physicochemical properties, oxidation level, fatty acid compositions, and solid fat content of butters supplied from the Gaziantep market were investigated and compared with the Turkish national standard. The moisture content of 20 of 28 (71.42%), the fat content of 21 of 28 (75.0%), the non-solid fat content of 27 of 28 (96.42%) butters, and acidity of all butters were outside the Turkish national standard. The salt contents of all of the butters complied with the standards. 27 of 28 (96.42%) butters had peroxide values higher than the threshold value of peroxide value (3.00 mEqO₂/kg fat). The TBA value of butters was lower than 0.3 mg MA/kg fat. The thermal behavior and fatty acid results showed similarities and differences among the investigated butters. As a consequence, greater control during manufacturing, storage and transportation of butter is required to improve the quality and acceptability of butters and to decrease the product doubts of consumers by providing standard quality

ACKNOWLEDGEMENTS

Gaziantep University, Gaziantep, Turkey, supported the investigation. The author would like to thank M.Sc. students Melike Çeliktürk and Sultan Aşar for their technical assistance.

CONFLICT OF INTEREST

Author declares no conflict of interest.

REFERENCES

Akgül, H. İ., Şengül, M., Ürkek, B., Kotan, T. E. (2021). Determination of physicochemical and microbiological properties and fatty acid

composition of butter produced in Trabzon, Turkey. *Acta Scientiarum. Technology*, 43: e48905-e48905.

Altun, İ., Andic, S., Tunçtürk, Y., Cecen, A., Fındık, O. (2011). Some chemical characteristics of butters obtained from Van market. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(4): 645-648.

Anonymous (1997) American Oil Chemists' Society (AOCS) Official and Recommended Practices of the AOCS. 7th Edition, AOCS Press Publication, Champaign, USA.

Anonymous (1998) Official Method of Analysis. AOAC International. 15th Edition, Washington DC, the USA.

Anonymous (2001). Butter-Determination of moisture, non-fat solids and fat contents - Part 2: Determination of non-fat solids content. The European Standard EN ISO 3727-2:2001.

Anonymous (2007). On emergency measures suspending the use of E 128 Red 2G as food colour. L 195/8 EN Official Journal of the European Union, Commission Regulation (EC) No 884/2007 of 26 July 2007.

Anonymous (2008). Laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EC) No 1255/1999 as regards methods for the analysis and quality evaluation of milk and milk products. Commission Regulation (EC) No 273/2008 of 5 March 2008.

Anonymous (2021a). Durum Tahmin Raporu Süt Ve Süt Ürünleri. Hazırlayan: Dr. Zeliha Yasan Ataseven, Tarımsal Ekonomi ve Politika

- Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü, Çankaya, Ankara.
- Anonymous (2021b). Tereyağı Standardı (2. Baskı) (TS 1331). ICS 67.100.20; 67.200.10, Türk Standardları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No. 112, Bakanlıklar, Ankara.
- Asha, A., Manjunatha, M., Rekha, R., Surendranath, B., Heartwin, P., Rao, J., Magdaline, E., Sinha, C. (2015). Antioxidant activities of orange peel extract in ghee (butter oil) stored at different storage temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12): 8220-8227.
- Atamer, M., Kaptan, N. (1982). Ankara'da Tüketime Sunulan Kahvaltılık Tereyağların Nitelikleri Üzerinde Araştırmalar. *Gıda*, 7(4): 189-198.
- Atamer, M. (1993). *Tereyağı Teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Yayınları. Ankara, Türkiye. Yayın No: 1313.
- Atamer, M., Sezgin, E. (1984). Tereyağlarında Lipolitik ve oksidatif bozulmaların saptanmasında yararlanılan asit ve peroksid değerleri ile aroma arasındaki ilişki. *Gıda*, 9(6): 329-334.
- Celik, S., Bakirci, I. (2000). A study on the physical and chemical properties of cookery-type butter. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3(4): 596-598.
- Chouinard, P., Girard, V., Brisson, G. (1998). Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. *Journal of Dairy Science*, 81(2): 471-481.
- Çakmakçı, S., Çelik, K., Ertem, H., Çalışkan, H. (2020). Tereyağı olarak satılan yağlarda bazı hileler ve kalite özelliklerinin tespiti: Erzurum örneği. *Gıda*, 45(4): 800-813.
- Çavdar, H. K., Yanık, D. K., Gök, U., Göğüş, F. (2017). Optimisation of microwave-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum L.*) seed oil and evaluation of its physicochemical and bioactive properties. *Food Technology and Biotechnology*, 55(1): 86.
- da Silva, C. S., Almeida, L. S., Lima, C. M. G., Pagnossa, J. P., Neto, M. R. T., Brito, M. S., Barbosa, A. A., Santana, R. F. (2020). Physicochemical quality of bottled butter. *Brazilian Journal of Development*, 6(2): 8994-9002.
- Demirkaya, A. (2013). Tereyağında tiyobarbiturik asit (TBA) testi ile lipid oksidasyonunun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(3): 237-240.
- Demirkol, A., Guneser, O., Karagul Yuceer, Y. (2016). Volatile compounds, chemical and sensory properties of butters sold in Çanakkale. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(1): 99-108.
- Dervisoglu, M., Gul, O., Guvenc, D., Yazici, F., Atmaca, E., Aksoy, A. (2013). Evaluation of chemical and microbiological characteristics and fatty acid profiles of butter samples collected from the black sea region of Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 25(18): 10185.
- Ergin, G. (1976). Erzurum Ve Kars Yöresi Tereyağlarının Gazkromatografik Analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(4): 1-16.
- Fındık, O., Andiç, S. (2017). Some chemical and microbiological properties of the butter and the butter oil produced from the same raw material. *LWT-Food Science and Technology*, 86: 233-239.
- Flakelar, C. L., Luckett, D. J., Howitt, J. A., Doran, G., Prenzler, P. D. (2015). Canola (*Brassica napus*) oil from Australian cultivars shows promising levels of tocopherols and carotenoids, along with good oxidative stability. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42: 179-186.
- George, D., Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 update* (10a ed.). Pearson, Boston, USA.
- Haron, H., Hiew, I., Shahar, S., Michael, V., Ambak, R. (2020). A survey on salt content labeling of the processed food available in Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7): 2469.
- Idoui, T., Rechak, H. and Zabayou, N. (2013). Microbial quality, physicochemical characteristics and fatty acid composition of a traditional butter made from goat milk. *Annals Food Science and Technology*, 14(1): 108-114.

- Kashaninejad, M., Razavi, S., Mazaheri Tehrani, M., Kashaninejad, M. (2017). Fatty acid composition, rheological and thermal properties of butter from sheep's and omega-3 cow's milks. *Iranian Journal of Science and Technology*, 13(3): 66-79.
- Koca, N., Kocaoglu-Vurma, N., Harper, W., Rodriguez-Saona, L. (2010). Application of temperature-controlled attenuated total reflectance-mid-infrared (ATR-MIR) spectroscopy for rapid estimation of butter adulteration. *Food Chemistry*, 121(3): 778-782.
- Konkol, K. L., Rasmussen, S. C. (2015). An ancient cleanser: soap production and use in antiquity, In: *Chemical Technology in Antiquity*, Rasmussen, S. C. (chief ed.), ACS Publications, USA, pp. 245-266.
- Larsen, M., Andersen, K., Kaufmann, N., Wiking, L. (2014). Seasonal variation in the composition and melting behavior of milk fat. *Journal of Dairy Science*, 97(8): 4703-4712.
- Méndez-Cid, F. J., Centeno, J. A., Martínez, S., Carballo, J. (2017). Changes in the chemical and physical characteristics of cow's milk butter during storage: Effects of temperature and addition of salt. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63: 121-132.
- Ortiz-Gonzalez, G., Jimenez-Flores, R., Bremmer, D., Clark, J., DePeters, E., Schmidt, S., Drackley, J. (2007). Functional properties of butter oil made from bovine milk with experimentally altered fat composition. *Journal of Dairy Science*, 90(11): 5018-5031.
- Queirós, M. S., Grimaldi, R., Gigante, M. L. (2016). Addition of olein from milk fat positively affects the firmness of butter. *Food Research International*, 84: 69-75.
- Samet-Bali, O., Ayadi, M., Attia, H. (2009). Traditional Tunisian butter: Physicochemical and microbial characteristics and storage stability of the oil fraction. *LWT-Food Science and Technology*, 42(4): 899-905.
- Sevmiş, E., Andiç, S., Şehriban, O. (2020). Comparison of the compositions of butter and butter oil produced in the province of Hakkari. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30: 928-937.
- Tomaszewska-Gras, J. (2013). Melting and crystallization DSC profiles of milk fat depending on selected factors. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 113(1): 199-208.
- Tomaszewska-Gras, J. (2016). DSC coupled with PCA as a tool for butter authenticity assessment. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 126(1): 61-68.
- Wilbey, R. A. (2009). Butter, In: *Dairy fat and related products*, Tamime, A. Y. (Chief ed.), Wiley-Blackwell Publishing, the UK, pp. 86-107.

COVID-19 HASTALIĞINI ÖNLEMEDE KULLANILAN TAKVİYE EDİCİ GIDALAR VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Özlem Çağındı*, Nazlı Savlak, Ceren İnce, Mustafa Dedeoğlu, Ergün Köse
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

Geliş / Received: 30.11.2021; Kabul / Accepted: 21.01.2022; Online baskı / Published online: 25.02.2022

Çağındı, Ö., Savlak, N., İnce, C., Dedeoğlu, M., Köse, E. (2022). COVID-19 hastalığını önlemede kullanılan takviye edici gıdalar ve sağlık üzerine etkileri. *GIDA* (2022) 47 (2) 183-198 doi: 10.15237/gida.GD21146

Çağındı, Ö., Savlak, N., İnce, C., Dedeoğlu, M., Köse, E. (2022). Dietary supplements used to prevent COVID-19 disease and their effects on health. *GIDA* (2022) 47 (2) 183-198 doi: 10.15237/gida.GD21146

ÖZ

Yeni Koronavirüs Hastalığı (COVID-19), solunum yoluyla insandan insana bulaşan ciddi bir enfeksiyon hastalığıdır. Tüm dünyada pandemi halini alan bu hastalık önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Beslenmenin yeterli ve dengeli olması, virüslerin yayılmasını azaltmada koruyucu yöntem olarak bilinmektedir. Bireylerde bu bilincin oluşmasıyla, bağışıklık sistemini güçlendirmek için pandemi döneminde yeterli ve dengeli beslenmenin yanı sıra takviye edici gıdaların (TEG) kullanımının önemli ölçüde arttığı görülmektedir. TEG, bağışıklık güçlendirici, antiviral, antioksidan, antiinflamatuvar etkilere sahiptir. Bazı bileşenlerin TEG şeklinde yeterli ve etkili dozda kullanımı, bağışıklık sistemini güçlendirmede, virüs yayılmasını önleyerek hastalığın ilerlemesini engellemede ve inflamasyonu bastırmada fayda sağlamaktadır. COVID-19'un yönetiminde potansiyel rolü olduğu düşünülen bileşenlerin sağlık üzerine koruyucu ve terapötik etkilerini anlamada *in vitro* ve klinik çalışmalar sürdürülmektedir. Bu derlemede COVID-19'u önleme veya tedavi sırasında iyileşmede etkisi olan D vitamini, C vitamini, çinko, omega-3 yağ asitleri, probiyotikler, diğer bazı immünomodülatör bileşikler ile tüketicilerin pandemi döneminde TEG kullanımlarını irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: COVID-19, SARS-CoV-2, biyoaktif bileşenler, takviye edici gıdalar, immün sistem

DIETARY SUPPLEMENTS USED TO PREVENT COVID-19 DISEASE AND THEIR EFFECTS ON HEALTH

ABSTRACT

Novel Coronavirus Disease (COVID-19) is a serious infectious disease transmitted from person to person through the respiratory route. This disease, which has become a pandemic all over the world, has become an important public health problem. Adequate and balanced nutrition is known as a preventive method in reducing the spread of the virus. In order to increase the immune system with the formation of this awareness in individuals, in addition to adequate and balanced nutrition during the pandemic period, it is seen that the use of dietary supplements (DS) has increased significantly.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ozlem.cagindi@cbu.edu.tr

☎ (+90) 236 201 2263

☎ (+90) 236 201 2020

Özlem Çağındı; ORCID no: 0000-0002-6436-9208

Nazlı Savlak; ORCID no: 0000-0002-5139-4105

Ceren İnce; ORCID no: 0000-0001-9931-2327

Mustafa Dedeoğlu; ORCID no: 0000-0001-7866-5350

Ergün Köse; ORCID no: 0000-0002-1893-1984

DS has immune boosting, antiviral, antioxidant, antiinflammatory effects. The use of some components in the form of DS in sufficient and effective doses provides benefits in strengthening the immune system, preventing the progression of the disease by preventing the spread of viruses and suppressing inflammation. *In vitro* and clinical studies are ongoing to understand the protective and therapeutic effects of components thought to have a potential role in the management of COVID-19. In this review, vitamin D, vitamin C, zinc, omega-3 fatty acids, probiotics and some other immunomodulatory compounds, which have an effect on preventing or healing COVID-19 during treatment and consumers use of DS during the pandemic period were examined.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, bioactive compounds, dietary supplements, immune system

GİRİŞ

COVID-19 ilk olarak 2019'un Aralık ayında Çin'deki Wuhan şehrinde rapor edilen, pnömoni ve akut solunum sıkıntısı sendromu ile karakterize edilmiş bulaşıcı bir hastalıktır (Dey vd., 2020; Ibrahim vd., 2020; Mrityunjaya vd., 2020). Küresel olarak neredeyse tüm ülkelere yayılan enfeksiyon, Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiş ve Ağustos 2021 itibariyle dünya genelinde 207 milyon doğrulanmış vaka ve 4.36 milyon ölüm olduğu bildirilmiştir (WHO, 2021). Tek sarmallı RNA genomuna sahip korona zarflı virüs grubuna aittir (Esakandari vd., 2020). COVID-19 havadaki damlacıklar veya insanların doğrudan temasları yoluyla yayılmaktadır (Liu vd., 2020). Hastalığın başlangıcı ve şiddetli evreye ilerlemesi, bireylerin bağışıklık sistemi ve diğer klinik hastalıkların varlığına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs 2 (SARS-CoV-2) enfeksiyonu hastalığa neden olmaktadır (Valencia, 2020; Gasmi vd., 2020). Genel olarak COVID-19'un en yaygın semptomları ateş, yorgunluk, kuru öksürük olmakla birlikte bu hastalık şiddetli ve hatta ölümcül olabilmektedir (Lei vd., 2020). COVID-19 virüsü ile enfekte kişilerin çoğunluğu hafif veya orta şiddette solunum sıkıntısı yaşamakta ve herhangi bir özel tedaviye ihtiyaç duymadan iyileşmektedir. Ancak yaşlılarda ve kardiyovasküler, diyabet, solunum yolu hastalığı ve kanser gibi kronik hastalıkları olan bireylerde hastalığın daha ağır ilerlediği gözlemlenmiştir (WHO, 2021). Bu nedenle, hastalığın patojenik mekanizmalarını açıklamak, etkili terapötik önlemlerin geliştirilmesini destekleyecek potansiyel TEG ve ilaç hedeflerini belirlemek için yoğun araştırmalara gereksinim duyulmaktadır (Bagheri vd., 2020).

TEG veya nutrasötikler, sağlığı iyileştirmek için gıda dışı bir matriks içinde, gıdalardan elde edilen biyoaktif bir bileşenin belirli dozlarda hap, kapsül ve sıvı gibi konsantre formda bulunduğu maddelerdir (Noomhorm vd., 2014). Son yıllarda gıda araştırmacıları ve farmasötik endüstrisinin yeni ürün geliştirmek için fonksiyonel gıdalar, nutrasötikler, diyet lifleri olarak kullanılabilen doğal kaynaklardan biyoaktif bileşiklerini tanımlama ve izole etme çalışmalarını sürdürdüğü bilinmektedir (Velioğlu-Er, 2019). COVID-19 viral patolojisinin çeşitli yönlerini hedef alan bir dizi potansiyel bileşenin bağışıklık sistemini güçlendirdiği düşünülmektedir. Bu bileşen ve takviyeler arasında, D vitamini, C vitamini, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (n-3 PUFA), çinko ve probiyotikler bulunmaktadır (Mrityunjaya vd., 2020; Lordan vd., 2021).

In vitro ve *in vivo* çalışmalarda nutrasötiklerin, mitokondriyal sinyal yollarını düzenlemede rol olarak RNA virüs enfeksiyonlarını önleyebileceği veya düzenleyebileceği belirtilmektedir (Zhang ve Liu, 2020; McCarty ve DiNicolantonio, 2020). Bu nedenle enfeksiyon hastalıklarında beslenme durumu, bağışıklık sistemi bütünlüğünün işleyişinde ve korunmasında önemli rol oynamaktadır (Khabour ve Hassanein, 2021). Bu bilgilerden yola çıkılarak COVID-19 geçirmekte olan bireylerin beslenmesinde mikro besin öğelerine ihtiyacın artabileceği düşünülmektedir (Veysioglu ve Mendes, 2020). Vitaminler ve mikro besinler içeren TEG'lerin optimal alımının, COVID-19 enfeksiyonunda virüslere karşı koruyucu etkisiyle birlikte düşük maliyetli ve etkili bir destekleyici yaklaşım olduğu söylenmektedir (Calder vd., 2020; Singh vd., 2020; Wang vd., 2020).

COVID-19 pandemisinin yayılma sürecinde sağlığı kontrol altına alıp bulaşma riskini önleme amacıyla tüketici davranış modeli değişmiştir. Gıda endüstrisinde tüketici satın alma davranışındaki en belirgin değişimin bağımsızlığı güçlendirmek için nutrasötik ve fonksiyonel gıdaların tüketimi yönündeki artış olduğu belirtilmektedir (Aday ve Aday, 2020). Tüketicinin bu ilgisi sebebiyle TEG'lerin koruyucu ve terapötik fayda sağlamaları konusunda yapılan çalışmalar devam etmektedir. Mevcut yönergeler gözden geçirilmekte, gereksinimlerdeki farklılıklar ve farklı alt popülasyonlar arasında TEG ihtiyacı bilimsel araştırmaların konusu olarak ele alınmaktadır (Ayseli vd., 2020; Lordan vd., 2021).

TEG'lerin, COVID-19 tedavisine yardımcı olmakla birlikte TEG-ilaç etkileşiminde oluşabilecek toksisite açısından da değerlendirilme gereği vardır (Celik vd., 2020). Örneğin; lipofilik vitaminlerin veya minerallerin aşırı doz alınımında insan sağlığına zararlı yan etkilere neden olabileceği yaygın olarak gösterilmiştir (Di Matteo vd., 2020). Sağlık riski açısından tüketicilerin TEG'leri kullanımı konusunda etkili eğitimi ve sağlığı koruyucu davranış geliştirmeleri gerektirmektedir (Rodríguez-Pérez vd., 2020).

Bu derlemede COVID-19'u önleme veya tedavi sırasında iyileşmede etkisi olan D vitamini, C vitamini, çinko, omega-3 yağ asitleri, probiyotikler ve diğer bazı immünomodülatör bileşikler ile tüketicilerin pandemi döneminde TEG kullanımları irdelenmiştir.

COVID-19 ÖNLEM VE TEDAVİSİNDE POTANSİYEL BESİN ÖGELERİ VE BİYOAKTİF BİLEŞENLER

Yetersiz beslenme ve açlığın neden olduğu enerji, protein ve mikro besinlerdeki eksiklikler veya aşırı beslenme, bağımsızlık sistemini ve enfeksiyona karşı direnci bozabilmektedir. Bazı gıda bileşenleri ve bağırsak mikrobiyota bileşimindeki değişiklikler, hücre aktivasyonu ve gen ekspresyonunun sinyal molekülleri üretimini değiştirerek bağımsızlık fonksiyonları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Lange ve Nakamuro, 2020). Gıda biyoaktifleri ve nutrasötikler antiinflatuar özelliklere dayalı olmanın yanı sıra SARS-CoV-2 virüsünün protein

yapısını bozarak aktivitesini inhibe etmesi yönüyle COVID-19 hastalığına karşı alternatif bir yaklaşım olarak önerilmektedir (Galanakis vd., 2020). Çeşitli nutrasötikler, bağımsızlık güçlendirici, antiviral, antioksidan ve antiinflatuar etkilere sahiptir (Mrityunjaya vd., 2020). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, D vitamini, C vitamini, çinko, probiyotikler, omega-3, kurkumin, kuersetin gibi bileşikler koronavirüs açısından incelenmiştir (Holford vd., 2020; Mrityunjaya vd., 2020; Jothimani vd., 2020). COVID-19 hastalığında potansiyel bağımsızlığı güçlendirici vitamin ve mineraller, omega-3 yağ asitleri, probiyotikler ve etkili diğer bazı bileşenler aşağıda açıklanmaktadır.

D Vitamini

D vitamini, güneş ışığı ile vücutta biyosentezlenebilen genler üzerinde etkili, yağda çözünebilen bir bileşiktir. Ultraviyole ışığın etkisiyle sentezlenir ve gıdadan alınan D₃ vitamini sayesinde aktif formlara dönüştürülmektedir. Mikro besin maddesi olarak etkinliğinin yanı sıra, immünomodülatör bir hormondur. D vitamini, antimikrobiyal peptitlerin üretimini uyarır (Jakovac, 2020). D vitamini eksikliği, enfeksiyona karşı artan bir duyarlılıkla ilişkilendirilmiştir (Aranow, 2011). Özellikle D vitamini eksikliği olan hastalar akut solunum yolu enfeksiyonları (ARDS) geliştirme riski altındadır (Jolliffe vd., 2013). D vitamini reseptörü çeşitli bağımsızlık hücrelerinde bulunmaktadır ve D vitamini, antijen sunan hücrelerin, dendritik hücrelerin, makrofajların, monositlerin ve T- ve B-lenfositlerin bir immünomodülatörüdür (Baeke vd., 2010; Aranow, 2011). SARS-CoV-2'yi yok edebilecek makrofajlar gibi savunma hücrelerini aktive eder ve sitokin fırtınalarının önlenmesine yol açan inflamatuvar sitokinlerin üretimini azaltır. D vitamini, enfeksiyon oranlarının azalması ve hastaların iyileşmesiyle bağlantılı olarak COVID-19 hastalığına karşı koruyucu ve terapötik etkilerine dair diğer mikro besin öğelerine göre daha fazla bilimsel kanıtı sahiptir (Galanakis, 2020). Potansiyel immünomodülatör özellikleri nedeniyle, D vitamini takviyesinin, sağlıklı bir bağımsızlık sistemini korumak için avantajlı olabileceği düşünülmektedir (Lordan vd., 2021).

Son zamanlarda yapılan rastgele kontrollü deneme çalışmalarındaki araştırmalar, D vitamininin bağışıklık hücrelerini etkilediğini, genellikle iltihabı azalttığını göstermiştir (Bae ve Kim, 2020; Kumar vd., 2020). D vitamininin, SARS-CoV-2 tarafından konakçı hücrelere girmek için kullanılan anjiyotensin dönüştürücü enzimleri (ACE) düzenleyerek inflamatuvar yanıtı ve enfeksiyonunu modüle ettiği bilinmektedir (Rhodes vd., 2021). D vitamini takviyesinin solunum yolu enfeksiyonlarına karşı bağışıklık üzerindeki rolünün, bireyin D vitamini durumuna bağlı olduğu görülmektedir. D vitamini eksikliği de enfeksiyon riski, şiddeti ve bağışıklık sisteminin işleyişi ile önemli ölçüde bağlantılıdır. D vitamini düzeylerini etkileyebilecek diğer birçok faktör de dikkate alınmalıdır. Bu faktörler, diğer faktörlerin yanı sıra bireyin beslenme durumu, yaşı, mesleği, cilt pigmentasyonu ve enlem nedeniyle değişen güneş ışığına maruz kalma durumunu içermektedir (Ayseli vd., 2020).

Gözleme dayalı sistematik bir inceleme ve meta-analizde 20966 denek içeren çalışmada, D vitamini düzeyi düşük olanlarda pnömoni riskinin arttığı kaydedilmiştir (Zhou vd., 2019). D vitamini eksikliği ile COVID-19 insidansı arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmekte ve bu ilişki meta-analiz tarafından da desteklenmektedir (Pereira vd., 2020). COVID-19 hastalığını önlemek için D vitamini takviyesi 100–150 nmol/L tavsiye edilmektedir. SARS-CoV-2 enfeksiyonu veya D vitamini eksikliği açısından en yüksek riske sahip bireylerde 10.000 IU/gün D₃ vitamin takviyesi önerilmektedir. COVID-19 ile enfekte olan kişilerin tedavisi için daha yüksek D₃ vitamini dozlarının kullanımı düşünülmektedir (Grant vd., 2020). Doz açısından 2000 IU/gün'ün viral enfeksiyonların önlenmesi ve tedavisinde faydalı olduğu saptanmıştır (Khalili vd., 2010).

C Vitamini

Canlı organizmada birçok biyosentez faaliyetinin düzenlenmesinden sorumlu enzimler için katalizör görevi gören C vitamini, E vitamini ile sinerjistik etkisi olan başlıca suda çözünen antioksidan bir bileşendir (Jafari vd., 2019).

C vitamini güçlü antiinflamatuvar ve antiviral özelliklere sahiptir (Boretti ve Banik, 2020).

Çalışmalar, şiddetli semptomları olan COVID-19 hastalarında yoğun bakımda kalış süresini ve enfeksiyon süresini azaltmada C vitamininin yararlılığını ortaya koymuştur (Iddir vd., 2020; Khan vd., 2020). C vitamininin ayrıca, COVID-19'un olası ve muhtemelen ölümcül bir ikincil patolojik komplikasyonu olan viral kaynaklı pnömoni gelişimini engellediği de gösterilmiştir (Cai vd., 2015).

Patojenlerle mücadelede oksidatif kapasitenin korunması önemli olmakla birlikte, 1000-2000 mg/gün C vitamini alımının bireylerde viral enfeksiyon süresini önemli ölçüde kısalttığı kaydedilmiştir (Hemilä ve Suonsyrjä, 2017).

C vitamininin antiviral etkisinin, antiviral sitokinlerin, α ve β interferonların üretimini pozitif olarak düzenlemedeki rolünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bir influenza enfeksiyonunun erken evrelerinde C vitamininin akciğer dokusuna viral sızmayı ve inflamatuvarı önemli ölçüde azalttığı *in vitro* çalışmayla gösterilmiştir (Boretti ve Banik, 2020). COVID-19 hastalarında yüksek dozda C vitamini alımının, akciğer hasarına yol açan hücrelerin baskılanmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır (Erol, 2020). Yapılan bir çalışmada günde 10-20 g arasındaki yüksek dozlarda C vitaminin COVID-19 hastalarında iyileşme sağladığı ve herhangi bir yan etki oluşturmadığı belirtilmiştir. Buna ek olarak SARS-CoV-2 enfeksiyonunun diğer bireylere yayılmasını engellemek amacıyla C vitamini (20 mg/10 mL) ile zenginleştirilmiş multivitamin ve nutrasötiklerin etkinliğini araştırmak için bir tedavi protokolü geliştirilmiştir. Hastaların 4 gün boyunca günde iki kez 10 mL, ardından 5, 6 ve 7. günlerde tek doz 10 mL multivitamin nutrasötik şurup alması, SARS-CoV-2 enfeksiyonunun kontrol altına alınmasında etkili olmuştur. Ancak diyabet, kardiyovasküler gibi kronik hastalıkları olan COVID-19 hastalarında bu tedavi fayda sağlamamıştır (Banerjee, 2020).

Çinko

Çinko minerali nükleik asit, DNA, protein sentezi, birçok hormon ve enzimin biyolojik olarak aktivite göstermesi gibi çeşitli metabolik faaliyet

bakımından oldukça önemli bir mikro bileşendir (Yasar ve Aytakin, 2021). Çinko, RNA viral enfeksiyonlarına karşı bazı faydalar sağlamaktadır. Enfeksiyon durumunda çinko, lökosit immün yanıtlarını düzenleyebilmekte ve çeşitli molekülleri modüle ederek sitokin üretimini değiştirebilmektedir (Von-Bülow vd., 2007). TEG'ler, tablet veya pastil olarak ağızdan alınabilir ve çinko pikolinat, çinko asetat ve çinko sitrat gibi birçok formda bulunur. Özellikle çinko takviyesi, enfeksiyonlara karşı konakçı savunması için önemli hücrelerin seviyelerini artırabilmektedir (Vivier vd., 2011; Maares ve Haase, 2016).

Çinkonun enfeksiyonlara karşı yararlı ve terapötik etkiler sağlayarak viral replikasyon ve protein sentezine doğrudan müdahale edebildiği bildirilmektedir (Te Velhuis vd., 2010). Yapılan yeni bir çalışmaya göre bir mikro besin ögesi olan çinkonun; zatürre etkisini azalttığı, SARS-CoV-2 virüsünü inhibe edici etkisi olduğu belirtilmiş ve koronavirüslerin sentezini, replikasyonunu ve transkripsiyon kompleksini inhibe ettiği gözlenmiştir (Skalny vd., 2020).

Deneklere bir yıl boyunca çinko takviyesi uygulanan rastgele, plasebo kontrollü bir çalışmada, takviyenin enfeksiyona duyarlılığı azalttığını, dolayısıyla çinko eksikliğinin enfeksiyona duyarlılığın artmasıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Prasad, 2008). Klinik bir araştırmaya göre semptomların başlamasından sonraki 24 saat içinde alınan çinkonun soğuk algınlığı ile ilişkili belirtilerin süresini ve şiddetini azaltmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Hemilä, 2011).

Çalışmalar, çinko takviyesinin ARDS oluşumunu %35 oranında azalttığını göstermiş ve ayrıca çinkonun, grip benzeri semptomların süresini kısaltmanın yanı sıra iyileşme oranını da artırdığı gözlemlenmiştir (Hemilä vd., 2017). Önerilen çinko TEG dozunun 20-92 mg/hafta arasında değiştiği belirtilmektedir (Zhang ve Liu, 2020). Çinko, antiinflamatuar, antioksidan ve doğrudan antiviral etkileri nedeniyle COVID-19 enfeksiyonuna karşı potansiyel destekleyici tedavi olarak kabul edilmektedir (Mrityunjaya vd., 2020). Diğer yandan COVID-19 hastalarında çinko

eksikliğinin hastalığın tedavisini olumsuz etkilediği açıklanmaktadır (Jothimani vd., 2020).

Probiyotikler

Probiyotikler, inflamasyonu azaltmakta, bazı reseptörleri inhibe etmekte, antimikrobiyal maddeleri veya diğer metabolitleri sentezlemekte, bağırsak bariyer fonksiyonunu olumlu yönde etkilemektedir (Halloran ve Underwood, 2019). *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus rhamnosus* gibi laktobasillerin adsorpsiyon ve/veya yakalama mekanizmaları yoluyla bazı virüslere bağlanma ve onları inaktive etme kapasitesine sahip olduğu düşünülmektedir (Botic vd., 2007, Lordan vd., 2021).

Lactobacillus ve *Bifidobacterium* bakteri türleri bağırsıklığı düzenlemesi sebebiyle COVID-19 enfeksiyonunu önlemede oldukça önem kazanmışlardır (Jayawardena, vd., 2020). Yapılan bir klinik çalışmada COVID-19 hastalarının bağırsağındaki *Lactobacillus* spp. sayısının azaldığı tespit edilmiş ve entübe hastalara uygulanan probiyotik takviyesinin (*Lactobacillus rhamnosus* GG, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*) kontrol grubuna göre gelişme gösterdiği sonucuna varılmıştır (Mak vd., 2020).

Gastrointestinal semptomların COVID-19 hastalarında sıklıkla görüldüğü ve bu semptomların düzenlenmesinde probiyotiklerin etkili olduğu görülmektedir (Zhou vd., 2020). Akciğerler ve bağırsak mikrobiyotası arasında da çift yönlü bir ilişki olduğu savunulmaktadır. Bağırsak mikrobiyal metabolitlerinin dolaşım sistemi yoluyla akciğerleri etkilerken; akciğer mikrobiyotasının da bağırsağı etkileyebildiği bilgisi mevcuttur (Dumas vd., 2018). Böylelikle bu organların potansiyel bir enfeksiyon yolu olabileceği düşünülmektedir (Zhang vd., 2020). Ancak bağırsak mikrobiyomunun enfeksiyona karşı koruma sağlamadaki rolünü destekleyen veriler, hayvanlar üzerinde yapılan deneylerle sınırlıdır. Fareler üzerinde yapılan çalışmada, *L. reuteri* veya *L. plantarum*'un pnömone virüsü ölümcül enfeksiyonuna karşı koruyucu etkileri olduğu gösterilmiştir (Gabryszewski vd., 2011). Probiyotiklerin COVID-19 hasta tedavisinde, genellikle farmasötik tedavilere ek olarak

kullanıldığı belirtilmektedir. Probiyotiklerin COVID-19 için koruyucu ve terapötik potansiyelini araştıran klinik çalışmalarda, kullanımları için kanıtı dayalı bir öneri sunmak henüz mümkün olamamaktadır (Mrityunjaya vd., 2020; Lordan vd., 2021).

Omega-3 Yağ Asitleri

Omega-3 yağ asitleri (n-3 PUFA) çoklu doymamış yağ asitleridir. Eikosapentaenoik (EPA) ve dokosaheksaenoik (DHA) yağ asitlerini içerir. Bağışıklık ve iltihaplanma üzerinde olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Shakoor vd., 2020). n-3 PUFA tüketiminin, inflamasyonu azalttığı, hastalarda tedavi süresini ve ölüm oranını azaltma potansiyeli gösterdiği belirtilmiştir (Rogeró vd., 2020). ARDS hastalarının balık yağıyla zenginleştirilmiş emülsiyon alan gruptaki hastaların hücrelerinin inflamasyon düzeylerinde kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu ve balık yağı TEG'inin iltihabı azaltabileceği düşünülmüştür (Sabater vd., 2011). Çeşitli viral enfeksiyonlara karşı faydalı etkileri araştırılan TEG'ler arasında, EPA ve DHA içeren n-3 PUFA'lar da bulunmaktadır (Lordan vd., 2021). Yapılan bir çalışmada 100 tane COVID-19 hastasından alınan kan örneklerinden elde edilen sonuçlara göre omega-3 indeksi daha yüksek olan hastaların düşük ölüm riskine sahip olduğu gösterilmiştir (Asher vd., 2021).

n-3 PUFA ve metabolitleri, ACE'yi inhibe etmektedir ve böylelikle ACE ekspresyonunu baskılayarak, reseptörlerin SARS-CoV-2'ye ve ardından hedef hücreye girme erişimini azalttığı bilgisine atıfta bulunulmuştur (Das, 2020). n-3 PUFA'lar, influenza virüsü replikasyonunu inhibe ederek antiviral etkiler gösterir. Bireylerde ARDS'ye karşı n-3 PUFA'nın terapötik değerini araştıran çalışmalara rağmen, etkinliğine dair hala sınırlı kanıt bulunmaktadır (Messina vd., 2020). Klinik ve epidemiyolojik verilerle desteklenen biyokimyasal mekanizmalar, omega-3 TEG'lerinin SARS-CoV-2 enfeksiyonuna karşı iyileşme sürecini hızlandırıp ölüm oranını azaltacağı düşünülmektedir (Weill vd., 2020). Ancak doğrulanmış çalışma verileri elde edilinceye dek COVID-19 hastalarında yüksek doz omega-3

takviye kullanımına dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Rogeró vd., 2020).

COVID-19 Hastalığında Etkili Diğer İmmünomodülatör Bileşen ve Takviyeler

SARS-CoV-2 virüsüne karşı araştırılan potansiyel diğer bileşikler arasında biyoaktif peptitler, polisakkaritler, biyoaktif lipitler ve doğal polifenoller bulunmaktadır (Celik vd., 2020; Galanakis vd., 2020; González, 2020). E vitamini, reaktif oksijen türlerinden kaynaklanan hücrelerin lipid peroksidasyonunu azaltmaktadır (Shakoor vd., 2020). Selenyumun, bağışıklık sisteminin işleyişindeki önemi, antioksidan aktivitesi ve glutatyon peroksidaz (GP) enziminin kofaktör olarak tanımlanmasıyla açıklanmaktadır. Bu bağlamda, GP'nin, solunum sistemini hedef alan influenza gibi virüslerle enfeksiyondan kaynaklanan akciğer dokusunda sitotoksisite ve inflamasyon düzeylerini önemli ölçüde azalttığı belirtilmektedir (Sahebnaşagh vd., 2020). Epidemiyolojik çalışmalar, bu gıda bileşenlerindeki herhangi birinin eksikliğinin bağışıklık tepkilerini ve viral patojenite durumunu değiştirdiğini göstermektedir (Zhang vd., 2020). E vitamini ve selenyum, T hücrelerinin sayısını artırmak, lenfosit yanıtını artırmak, IL-2 sitokin salgılanmasını artırmak gibi çeşitli metabolik yollar aracılığıyla enfeksiyon riskini azaltmada rol oynamaktadır. Selenyum ve E vitamininin solunum yolu enfeksiyonlarına karşı direnci artırdığı gösterilmiştir (Kieliszek ve Lipinski, 2020). E vitamini takviyesinin solunum yolu hastalıklarının önlenmesindeki etkin rolü henüz kanıtlanmadığı için halen tartışılmaktadır. Bununla birlikte, klinik bir çalışmada, günlük E vitamini takviyesinin, bağışıklık yetersizliği olan 33 yaşlı kadın ve erkek bağışıklık sistemini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır (De La Fuente vd., 2008).

Antiviral aktivite açısından irdelenen bir çalışmada, antiinflamatuar, antioksidan ve antimikrobiyal etkiye sahip olan kurkuminin (Manoharan vd., 2020) viral proteinlere bağlandıktan sonra hedef hücrelere SARS-CoV-2 enfeksiyon girişini engelleyebildiği bildirilmiştir (Suravajhala vd., 2020). Kurkumin, SARS-CoV-2 dahil olmak üzere birçok RNA virüsüne karşı

çinko takviyesi ile birlikte kullanıldığında antiviral etkisini artırdığı görülmüştür (Celik vd., 2020). Bu nedenle kurkuminin TEG olarak COVID-19 pandemisine karşı önleyici ve tedavi edici stratejiler geliştirmek için alternatif olacağı düşünülmektedir (Celik vd., 2020; Roy vd., 2020).

Kuersetin, bitki ve meyvelerin bazılarında yüksek miktarlarda bulunan antioksidan, antiinflamatuvar, antienzimatik etkilere sahip bir fenolik bileşiktir. Kuersetin'in yanı sıra kateşin, epigallokateşin vb. bileşiklerin de SARS-CoV-2 virüsünü inhibe ettiği bulunmuştur (Polansky ve Lori, 2020). Kırmızı

meyvelerde olan resveratrolun, MERS-CoV virüs enfeksiyonunu inhibe ettiği, dolayısıyla SARS-CoV-2 enfeksiyonuna karşı da etkili olacağı düşünülmektedir (McKee vd., 2020). Ekmek mayası, arpa, yulaf vb. gıdalarda bulunan β -Glukan, çocuklarda, yaşlılarda, stresli bireylerde bağışıklığı güçlendirdiği, üst solunum yolu hastalıklarında semptomları ve hastalık süresini azalttığı görülmüştür (Mah vd., 2020). Çeşitli biyoaktif bileşik ve gıda bileşenlerinin SARS-CoV-2'ye yönelik etkileri Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Çeşitli biyoaktif bileşik ve gıda bileşenlerinin SARS-CoV-2'ye yönelik etkileri (Galanakis vd., 2020).

Bileşen	Çalışma Şekli	Sağlığa Faydaları	SARS-CoV-2 Enfeksiyonuna Etkisi
Biyoaktif peptidler (örneğin, <i>Lactobacillus plantarum</i> suşları ile fermente sütlerden elde edilen <3 ve 3–10 kDa peptid fraksiyonları)	<i>In vitro</i>	Antiinflamatuvar, antimutajenik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite sağlanması	Viral proteinin bozunması
Polisakkaritler	<i>In vitro</i> <i>In vivo</i>	Antiviral aktivite serbest radikalleri uyarma, kronik hastalıklar için risk faktörlerini azaltma, metabolizmayı ve sindirilebilirliği iyileştirme	Enflamatuvar yanıtlarda azalma ARDS'nin önlenmesi
Vitaminler (A, C, D, E)	<i>In vitro</i> <i>Klinik</i>	Bağışıklık fonksiyonunu desteklemek Enfeksiyonlara karşı korumak Soğuk algınlığını önlemek	ACE etkinliğinin kısıtlanması Doğuştan gelen bağışıklığın desteklenmesi
Tıbbi bitkiler	<i>In vitro</i> <i>Klinik</i>	Grip virüslerinin önlenmesi	COVID-19 hastalarının iyileşme sürecinin düzenlenmesi
Biyoaktif lipidler (yağ asitleri, sterol, karotenoidler)	<i>In vivo</i>	Bağışıklık yanıtını geliştirmek Antiinflamatuvar aktiviteler Kardiyovasküler hastalık riskini azaltmak	ACE'nin inhibisyonu ve virüslerin hücrelere girme yeteneğinin kısıtlanması
Polifenoller	<i>In vitro</i> <i>In silico</i>	Antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve antioksidan aktivite, antiviral kapasitesi Sindirim sorunlarını önleme Kronik hastalık riskini azaltma	Viral replikasyonun inhibisyonu Viral proteininin bozunması SARS-CoV-2 proteazın inhibisyonu

COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNDE TÜKETİCİLERİN TAKVİYE EDİCİ GIDA KULLANIMI

COVID-19 pandemi döneminden sonra bireylerin yarısından fazlasının daha sağlıklı seçimlere yönelerek yeme davranışlarını değiştirmeye istekli olduğu gözlemlenmektedir (Galanakis vd., 2020). Tüketicilerin giderek daha fazla sürdürülebilir, organik ve fonksiyonel gıdalar arayışı, gıda endüstrisini büyük ölçüde etkilemektedir. TEG kullanımının tüm dünyada istikrarlı bir şekilde artmasının yanı sıra, popülasyonların yarısından fazlasının TEG kullandığı belirtilmektedir (Sekhri ve Kaur, 2014; Cowan vd., 2018). Son zamanlarda COVID-19 hastalığının yayılması TEG'lerin kullanımı için yeni bir sebep olmuştur (Hamulka vd., 2021). TEG'lerin, beslenmenin yanı sıra sağlık ile ilgili fonksiyonel etkileri, bireyleri bu ürünleri kullanmaya yöneltmektedir. Böylesine yaygın bir sağlık krizi sırasında insanların daha bilinçli beslenmenin yanı sıra TEG'lere yönelmesi beklenen bir durum olarak ortaya çıkmakta (Karbownik vd., 2021) ve TEG'lere yönelik reklamlar medyada giderek daha fazla yer bulmaktadır (Adams vd., 2020). Özellikle vitamin takviyelerinin COVID-19'un önlenmesi ve tedavisi üzerindeki etkileri hakkında yaygın bir tanıtım yapılmaktadır (Bagheri vd., 2020).

SARS-CoV-2 enfeksiyonunun önlenmesi için sağlıklı bireylerde TEG kullanımı hakkında resmi bir kılavuz bulunmamasıyla birlikte, bağışıklık sistemi üzerinde olumlu bir etki oluşturacak düşüncesiyle internet üzerinde satışı yapılan TEG'lerde bir artış gözlemlenmektedir (Cámara vd., 2021). COVID-19'a karşı kullanımlarını destekleyen henüz bir kanıt olmamasına rağmen vitamin takviyelerinin satışlarının arttığı görülmektedir. Buna ek olarak vitamin satışlarındaki artışın, 2020 yılında 2019'a göre %16 daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Aytekin vd., 2019; Ayseli vd., 2020). Gıda Takviyesi ve Beslenme Derneği (GTBD), COVID-19 pandemi döneminde Türkiye'deki nüfusun yarısından fazlasının TEG kullandığı kaydedilmiştir (GTBD, 2021).

Tüketicilerin pandemi süresince en çok D ve C vitaminleri ile çinko TEG'lerini kullandığı gözlemlenmiştir. Omega-3 yağ asitleri pandemi öncesinde en popüler TEG'ler arasında iken COVID-19 salgını süresince tüketiminde yeterince artış görülmemiştir (Hamulka vd., 2021). ABD'de yapılan bir diğer çalışmada, yaşlı yetişkinler arasında çinko ve C vitamini içeren takviyelerin kullanımında bir artış olduğu bildirilmiştir (Brown vd., 2021). İtalya'da yapılan bir anket çalışmasında katılımcıların çoğu, bağışıklık sisteminin işlevini artıran TEG alımı ile bağışıklık savunmasını güçlendirmenin COVID-19 enfeksiyonu riskini azaltmada önemli olduğunu düşünmektedir (Savarese vd., 2021). D vitamini kaynağı TEG'lerin, COVID-19 riski altındaki popülasyonlara uygulanması yaygın olarak tavsiye edilmektedir (Calder vd., 2020; Jain vd., 2020). Yaşlılar, obezite veya diyabet gibi hastalıkları olan bireylerde özellikle mikro besin öğeleri eksikliğinin bulunması, bu gıda bileşenlerinin optimum seviyelerini elde etmek ve/veya sürdürmek için TEG kullanımının gerekli olduğunu düşündürmektedir (Mossink, 2020). COVID-19'un önlenmesi/tedavi sürecinde kullanılan TEG'ler ile ilgili bazı araştırmalar Çizelge 2'de verilmiştir.

TEG'lerin kullanımının ana nedenleri; bağışıklığın iyileştirilmesi, genel sağlık ve zindeliğin sağlanması ve bireylerin diyetlerindeki besin ögesi eksikliklerini karşılamak olarak tespit edilmiştir (Altun vd., 2021; Lordan vd., 2021). COVID-19 üzerine yapılan anket çalışmasında 327720 katılımcıdan alınan yanıtlara göre kadınlarda n-3 PUFA takviyeleri, probiyotikler, multivitaminler ve D vitamini tüketiminin SARS-CoV-2 enfeksiyon riskini düşürdüğü sonucuna varılmıştır (Louca vd., 2020). 3274 bireyin katıldığı diğer bir anket çalışmasında pandeminin ilk dalgasında tüketicilerin mikro besin ve vitaminlerin olduğu TEG'lerin, ikinci dalgasına göre çok daha fazla kullandığı tespit edilmiş ve buna ek olarak zerdeçal, zencefil, limon, fermente sebze ve meyvelerin pandeminin ikinci dalgasında ilkine oranla daha çok tüketildiği gözlemlenmiştir (Hamulka vd., 2021).

Çizelge 2. COVID-19'un önlenmesi/tedavi sürecinde kullanılan TEG'ler ile ilgili bazı araştırmalar (Di Matteo vd., 2020)

TEG	Amaç	Birey	Kullanım Özelliği
Çinko glukonat D ₃ vitamini	Akut solunum sıkıntısı sendromunu kötüleştiren inflamatuvar reaksiyonu azaltma	60 yaş ve üzeri COVID-19 pozitif 3140 katılımcı	Çinko glukonat (30 mg/gün) D ₃ vitamini (2000 IU) Kontrol grubu: standart bakım Kullanım Süresi: 2 ay
D ₃ Vitamini	Yaşlı hastaların hastalık seyrini iyileştirme	70 yaş ve üstü COVID-19 pozitif 260 katılımcı	D ₃ vitamini (400.000 IU/gün) Kontrol grubu: standart D ₃ vitamini dozu (50.000 IU/gün) Kullanım süresi belirtilmemiş
D Vitamini C Vitamini Çinko	COVID-19 semptomlarını önleyip önlemediğini belirlemek	18 yaş ve üstü COVID-19 negatif, yüksek riskli bireyler 600 katılımcı	C vitamini, D vitamini, çinko (doz belirtilmemiş) Süre: Belirtilmemiş
Kuersetin	Kuersetinin COVID-19'u koruma ve tedavisi üzerindeki olası rolünü değerlendirmek	Normal bireyler ve COVID-19 hastaları	COVID-19 hastalarında (1000 mg/gün) COVID-19 olmayan bireylerde (500 mg/gün) Kontrol grubu: tedavi görmeyen normal bireyler
C Vitamini Çinko glukonat	Semptom süresini azaltmak	18 yaş ve üzeri COVID-19 pozitif 520 katılımcı	C vitamini (8000 mg/gün) Çinko glukonat (50 mg/gün) C vitamini (8000 mg/gün) Çinko glukonat (50 mg/gün) Kontrol grubu: standart bakım Süre: 10 gün
C Vitamini	Ölüm riskini ve ikincil semptomları azaltmak	Her yaştan COVID-19 pozitif 500 katılımcı	Damar içi 10 g/belirtilmemiş
C Vitamini	Solunum yetmezliği riskini azaltmak	18-99 yaş COVID-19 pozitif 20 katılımcı	Damar içi C vitamini (50 mg/kg/6 saat) Süre: 4 gün
C Vitamini	COVID-19'un ilerlemesini önlemek	18 yaş ve üzeri COVID-19 pozitif 200 katılımcı	C vitamini (1. günde 200 mg/kg/gün, 2. günden itibaren 400 mg/kg/gün) ve aktif karşılaştırmalı tedavi Kontrol grubu: aktif karşılaştırmalı tedavi Süre: 7 Gün
D Vitamini	COVID-19'un olumsuz sonuçlarıyla ilgili noktaları iyileştirmek	40-70 yaş COVID-19 pozitif 200 katılımcı	D vitamini (25.000 UI/gün) Kontrol grubu: standart bakım
D ₃ Vitamini	Yaşlı hastaların hastalık seyrini iyileştirmek	70 yaş ve üstü COVID-19 pozitif 260 katılımcı	D ₃ vitamini (400.000 IU/gün) Kontrol grubu: standart D ₃ vitamini dozu (50.000 IU/gün)
Kalsidiol (25-hidroksivitamin D ₃)	Kalsifidiolün önleyici ve tedavi edici etkilerini incelemek	18-75 yaş COVID-19 negatif ve hastalık riski ya da ölüm riski bulunanlar 1500 katılımcı	Kalsidiol (25 µg/gün) Kontrol grubu: standart bakım Süre: 2 ay
D ₂ Vitamini D ₃ Vitamini	Hastalarda D vitamininin etkinliğini belirlemek	17 yaş ve üstü COVID-19 pozitif 64 katılımcı	D ₂ vitamini (3 haftada 4 doz 50000 IU) D ₃ vitamini (1000 IU/day) Süre: 3 hafta
EPA ile zenginleştirilmiş gıda takviyesi linolenik asit ve antioksidanlar	Beslenme durumunu daha fazla koruyarak COVID-19 şiddetini azaltmak	18-65 yaş COVID-19 pozitif 30 katılımcı	EPA, linolenik asit ve antioksidanlarla zenginleştirilmiş beslenme takviyesi Kontrol grubu: izokalorik/izo-besleyici gıda takviyesi Süre: 2 hafta

Türkiye’de COVID-19 sürecinde TEG, fonksiyonel gıda, bitkisel ürün kullanımı ve beslenme alışkanlıklarının belirlenmesi amacıyla 550 diyetisyen üzerinde yapılan anket çalışmasında bireylerin %94.5’i TEG, %46.1’i bitkisel ürün ve %34.9’unun fonksiyonel gıda kullandığı tespit edilmiştir. Bu süreçte en fazla kullanılan balık yağı (%81.9) olmuştur (Altun vd., 2021).

2020 Nisan ayında yapılan GTBD’nin anket çalışmasına katılan bireylerin %52’sinin son 12 ayda TEG kullandığı tespit edilmiştir. COVID-19 sürecinde ise bu oran artarak katılımcıların %71’inin bağışıklığı güçlendirmek için TEG kullandığı gözlemlenmiştir. TEG’ler içerisinde en çok C ve B₁₂ vitaminlerinin kullanıldığı belirtilmiştir. 2020 Aralık ayında, COVID-19 döneminde Türkiye’deki TEG kullanımını belirlemek amacıyla yapılan ankete çeşitli illerden 18 yaş ve üzeri 608 kadın ve erkek katılmıştır. Anket sonuçlarına göre son 3 ayda TEG kullananların oranının %60 olduğu ve her 10 kişiden 9’unun bağışıklık sistemini güçlendirmek için TEG kullandığı belirtilmiştir. Kadınların erkeklere oranla TEG kullanım oranı daha yüksek bulunmuştur. 2021 Temmuz ayında yapılan ankette katılımcıların %88’i vitaminleri kullandığı belirtirken, %30’unun pandemi sonrasında da beslenmesine gıda takviyelerini eklemeyi düşündüğünü bildirmiştir. COVID-19 süreci içerisinde en çok kullanılan TEG çeşitleri; D vitamini, C vitamini ve multivitaminler olarak kaydedilmiştir. Anketlerin sonucunda, COVID-19 pandemisi boyunca TEG kullanımının pandemi öncesine göre arttığı tespit edilmiştir (GTBD, 2021).

SONUÇ

Türkiye’de ve dünyada, COVID-19 pandemi dönemi boyunca beslenme bilincinin artmasıyla bağışıklık sistemini güçlendirme ve hastalığı önleme amacıyla toplumda bireylerin takviye edici gıda kullanımının yaygınlaştığı ve pazar payının arttığı görülmektedir. Bireylerin C vitamini, D vitamini, multivitamin ve mineralleri kullanımında pandemi öncesine göre artış olduğu belirlenmiştir. Takviye edici gıdaların, sağlık bilincine sahip tüketicilerin artan ilgisinin sonucu olarak,

COVID-19 sonrası dönemde de kullanım beklentilerinin yüksek kalmaya devam edeceği öngörülmektedir. D vitamini, C vitamini, çinko, selenyum, probiyotikler ve n-3 PUFA’lar, COVID-19 hastalığının önlenmesi ve tedavisinde etkili bileşenler olarak belirtilmektedir. Klinik çalışmalarda, D vitamini takviyesi ve COVID-19 arasında ciddi bir bağlantı olduğu sonucuna varılmaktadır. SARS-CoV-2 enfeksiyonunun potansiyel inhibitörleri olarak polifenolik bileşikler (kurkumin, kuersetin, resveratrol vb.) de önerilmektedir. İmmünomodülatör etkileri nedeniyle viral enfeksiyonlara karşı faydalı etkiler gösterebilen besin ögesi veya bileşenlerin optimal bağışıklık fonksiyonunu sürdürmek için yeterli alım dozu göz önünde bulundurulmalıdır. Çeşitli biyoaktif bileşen ve mikro besinlerin antioksidan, antiinflamatuvar, immunomodülatör fonksiyonlarının enfeksiyonu önlemesi veya tedavi sonuçlarına etkisini anlamak için yapılan *in vitro* ve klinik çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca takviye edici gıdaların kullanımının COVID-19 hastalığını önlemedeki rolünün belirlenmesi için de daha fazla çalışma sonuçlarına gereksinim duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKILARI

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

KAYNAKLAR

Adams, K. K., Baker, W. L., Sobieraj, D. M. (2020). Myth Busters: Dietary Supplements and COVID-19. *Ann Pharmacother*, 54(8): 820-826. doi: 10.1177/1060028020928052.

Aday, S., Aday, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on the food supply chain. *Food Qual Saf*, 4(4): 167-180. doi: 10.1093/fqsafe/fyaa024.

Altun, H. K., Ermumcu, M. S. K., Kurklu, N. S. (2021). Evaluation of dietary supplement, functional food and herbal medicine use by dietitians during the COVID-19 pandemic. *Public*

- Health Nutr*, 24(5): 861-869. doi:10.1017/S1368980020005297.
- Aranow, C. (2011). Vitamin D and the immune system. *J Investig Med*, 59(6): 881-886. doi: 10.231/JIM.0b013e31821b8755.
- Asher, A., Tintle, N. L., Myers, M., Lockshon, L., Bacareza, H., Harris, W. S. (2021). Blood omega-3 fatty acids and death from COVID-19: A pilot study. *Prostaglandins Leukot Essent Fat Acids*, 166: 102250. doi: 10.1016/j.plefa.2021.102250.
- Ayseli, Y. I., AYTEKIN, N., Buyukkayhan, D., Aslan, I., Ayseli, M. T. (2020). Food policy, nutrition and nutraceuticals in the prevention and management of COVID-19: Advice for healthcare professionals. *Trends Food Sci Technol*, 105: 186-199. doi: 10.1016/j.tifs.2020.09.001.
- AYTEKIN, N., Godfri, B., Cunliffe, A. (2019). 'The hunger trap hypothesis': New horizons in understanding the control of food intake. *Med Hypotheses*, 129: 109247. doi: 10.1016/j.mehy.2019.109247.
- Bae, M., Kim, H. (2020). The role of vitamin C, vitamin D and selenium in immune system against COVID-19. *Mol*, 25(22): 5346. doi: 10.3390/molecules25225346.
- Baeke F., Takiishi T., Korf H, Gysemans C., Mathieu C. (2010). Vitamin D: Modulator of the immune system. *Curr Opin Pharmacol*, 10: 482-496. doi: 10.1016/j.coph.2010.04.001.
- Bagheri, M., Haghollahi, F., Shariat, M., Jafarabadi, M., Aryamloo, P., Rezayof, E. (2020). Supplement usage pattern in a group of COVID-19 patients in Tehran. *J Family Reprod Health*, 14(3): 158. doi: 10.18502/jfrh.v14i3.4668.
- Banerjee, S. (2020). To evaluate Safety & Efficacy of established medicine in controlling COVID-19 SARS-CoV2 infection in a home-quarantine environment. doi: 10.13140/RG.2.2.24554.67526/3.
- Boretti, A., Banik, B. K. (2020). Intravenous vitamin C for reduction of cytokines storm in acute respiratory distress syndrome. *Pharma Nutr*, 12: 100190. doi: 10.1016/j.phanu.2020.100190.
- Botic T., Klingberg T., Weingartl H., Cencic A. (2007). A novel eukaryotic cell culture model to study antiviral activity of potential probiotic bacteria. *Int J Food Microbiol*, 115: 227-234. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.044.
- Brown, J. D., Vouri, S. M., Manini, T. M. (2021). Survey-reported medication changes among older adults during the SARS-CoV-2 (COVID-19) pandemic. *Res Social Adm Pharm*, 17(8): 1478-1482. doi: 10.1016/j.sapharm.2020.11.005.
- Cai, Y., Li, Y. F., Tang, L. P., Tsoi, B., Chen, M., Chen, H., Chen, X.M., Rong-Tan, R., Kurihara, H., He, R. R. (2015). A new mechanism of vitamin C effects on A/FM/1/47 (H1N1) virus-induced pneumonia in restraint-stressed mice. *Biomed Res Int*, 2015: 675149. doi: 10.1155/2015/675149.
- Calder, P. C., Carr, A. C., Gombart, A. F., Eggersdorfer, M. (2020). Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections. *Nutr*, 12(8): 2326. doi: 10.3390/nu12082326.
- Cámara, M., Sánchez-Mata, M. C., Fernández-Ruiz, V., Cámara, R. M., Cebadera, E., Domínguez, L. (2021). A review of the role of micronutrients and bioactive compounds on immune system supporting to fight against the COVID-19 disease. *Foods*, 10(5):1088. doi: 10.3390/foods10051088.
- Celik, C., Gencay, A., Ocsoy, I. (2020). Can food and food supplements be deployed in the fight against the COVID 19 pandemic? *Biochim Biophys Acta*, 1865(2): 129801. doi: 10.1016/j.bbagen.2020.129801.
- Cowan, A. E., Jun, S., Gahche, J. J., Tooze, J. A., Dwyer, J. T., Eicher-Miller, H. A., Bhadra, A., Guenther, P.M., Potischman, N., Dodd, K.W., Bailey, R. L. (2018). Dietary supplement use differs by socioeconomic and health-related characteristics among US adults, NHANES 2011- 2014. *Nutr*, 10(8): 1114. doi: 10.3390/nu10081114.
- Das, U.N. (2020). Response to: Bioactive Lipids and Coronavirus (COVID-19)-further discussion, *Arch Med Res*, 51(5): 445-449. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.04.004.

- De la Fuente, M., Hernanz, A., Guayerbas, N., Manuel Victor, V., Arnalich, F. (2008). Vitamin E ingestion improves several immune functions in elderly men and women. *Free Radic Res*, 42(3): 272-280. doi: 10.1080/10715760801898838.
- Dey, S. K., Rahman, M. M., Siddiqi, U. R., Howlader, A. (2020). Analyzing the epidemiological outbreak of COVID-19: A visual exploratory data analysis (EDA) approach. *J Med Virol*, 92(6): 632-638. doi: 10.1002/jmv.25743.
- Di Matteo, G., Spano, M., Grosso, M., Salvo, A., Ingallina, C., Russo, M., Ritieni, A., Mannina, L. (2020). Food and COVID-19: preventive/co-therapeutic strategies explored by current clinical trials and in silico studies. *Foods*, 9(8):1036. doi: 10.3390/foods9081036.
- Dumas, A., Bernard, L., Poquet, Y., Lugo-Villarino, G., Neyrolles, O. (2018). The role of the lung microbiota and the gut–lung axis in respiratory infectious diseases. *Cell Microbiol*, 20(12): e12966. doi: 10.1111/cmi.12966.
- Erol, A. (2020). High-dose intravenous Vitamin C treatment for COVID-19. doi:10.31219/osf.io/p7ex8.
- Esakandari, H., Nabi-Afjadi, M., Fakkari-Afjadi, J., Farahmandian, N., Miresmaeili, S. M., Bahreini, E. (2020). A comprehensive review of COVID-19 characteristics. *Biol Proced Online*, 22: 1-10. doi: 10.1186/s12575-020-00128-2.
- Gabryszewski, S. J., Bachar, O., Dyer, K. D., Percopo, C. M., Killoran, K. E., Domachowske, J. B., Rosenberg, H. F. (2011). Lactobacillus-mediated priming of the respiratory mucosa protects against lethal pneumovirus infection. *J Immunol Res*, 186(2): 1151-1161. doi: 10.4049/jimmunol.1001751.
- Galanakis, C. M., Aldawoud, T., Rizou, M., Rowan, N. J., Ibrahim, S. A. (2020). Food ingredients and active compounds against the coronavirus disease (COVID-19) pandemic: A comprehensive review. *Foods*, 9(11): 1701. doi: 10.3390/foods9111701.
- Galanakis, C. M. (2020). The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis. *Foods*, 9(4): 523. doi: 10.3390/foods9040523.
- Gasmi, A., Tippairote, T., Mujawdiya, P. K., Peana, M., Menzel, A., Dadar, M., Benahmed, A.G., Björklund, G. (2020). Micronutrients as immunomodulatory tools for COVID-19 management. *Clin Immunol*, 220: 108545. doi: 10.1016/j.clim.2020.108545.
- González, S. (2020). Dietary Bioactive Compounds and Human Health and Disease. *Nutr*, 12: 348. doi: 10.3390/nu12020348.
- Grant, W. B., Lahore, H., McDonnell, S. L., Baggerly, C. A., French, C. B., Aliano, J. L., Bhattoa, H. P. (2020). Evidence that vitamin D supplementation could reduce risk of influenza and COVID-19 infections and deaths. *Nutr*, 12(4): 988. doi: 10.3390/nu12040988.
- GTBD (2021). <https://gtbd.org.tr/gida-takviyesi-kullanimi-ve-beslenme-aliskanliklari-olcumu-anketi/>. (Erişim Tarihi: 5.10.2021).
- Halloran, K., Underwood, M. A. (2019). Probiotic mechanisms of action. *Early Hum Dev*, 135: 58-65. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2019.05.010.
- Hamulka, J., Jeruszka-Bielak, M., Górnicka, M., Drywień, M. E., Zielinska-Pukos, M. A. (2021). Dietary Supplements during COVID-19 outbreak. Results of Google Trends analysis supported by PLifeCOVID-19 online studies. *Nutr*, 13(1): 54. doi: 10.3390/nu13010054.
- Hemilä, H. (2011). Zinc lozenges may shorten the duration of colds: a systematic review. *Open Respir Med J*, 5: 51. doi: 10.2174/1874306401105010051.
- Hemilä, H., Fitzgerald, J. T., Petrus, E. J., Prasad, A. (2017). Zinc acetate lozenges may improve the recovery rate of common cold patients: An individual patient data meta-analysis. *Open Forum Infect Dis*, 4(2): ofx059. doi: 10.1093/ofid/ofx059.
- Hemilä, H., Suonsyrjä, T. (2017). Vitamin C for preventing atrial fibrillation in high risk patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord*, 17(1): 1-10. doi: 10.1186/s12872-017-0478-5.
- Holford, P., Carr, A. C., Jovic, T. H., Ali, S. R., Whitaker, I. S., Marik, P. E., Smith, A. D. (2020). Vitamin C—An adjunctive therapy for respiratory

- infection, sepsis and COVID- 19. *Nutr*, 12(12): 3760. doi: 10.3390/nu12123760.
- Ibrahim, I. M., Abdelmalek, D. H., Elshahat, M. E., Elfiky, A. A. (2020). COVID-19 spike- host cell receptor GRP78 binding site prediction. *J Infect*, 80(5): 554-562. doi: 10.1016/j.jinf.2020.02.026.
- Iddir, M., Brito, A., Dingeo, G., Fernandez Del Campo, S. S., Samouda, H., La Frano, M. R., Bohn, T. (2020). Strengthening the immune system and reducing inflammation and oxidative stress through diet and nutrition: considerations during the COVID-19 crisis. *Nutr*, 12(6): 1562. doi:10.3390/nu12061562.
- Jafari, D., Esmacilzadeh, A., Mohammadi-Kordkhayli, M., Rezaei, N. (2019). Vitamin C and the immune system. In *Nutrition and Immunity* (pp. 81-102). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-16073-9_5.
- Jain, A., Chaurasia, R., Sengar, N. S., Singh, M., Mahor, S., Narain, S. (2020). Analysis of vitamin D level among asymptomatic and critically ill COVID-19 patients and its correlation with inflammatory markers. *Sci Rep*, 10(1): 1-8. doi:10.1038/s41598-020-77093-z.
- Jakovac, H. (2020). COVID-19 and vitamin D— Is there a link and an opportunity for intervention? *Am J Physiol Endocrinol Met*, 318(5): E589-E589. doi: 10.1152/ajpendo.00138.2020.
- Jayawardena, R., Sooriyaarachchi, P., Chourdakis, M., Jeewandara, C., Ranasinghe, P. (2020). Enhancing immunity in viral infections, with special emphasis on COVID-19: A review. *Diabetes-Metab Res Rev*, 14(4): 367-382. doi: 10.1016/j.dsx.2020.04.015.
- Jolliffe, D. A., Griffiths, C. J., Martineau, A. R. (2013). Vitamin D in the prevention of acute respiratory infection: systematic review of clinical studies. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 136: 321-329. doi: 10.1016/j.dsx.2020.04.015.
- Jothimani, D., Kailasam, E., Danielraj, S., Nallathambi, B., Ramachandran, H., Sekar, P., Manoharan, S., Ramani, V., Narasimhan, G., Kaliamoorthy, I., Rela, M. (2020). COVID-19: Poor outcomes in patients with zinc deficiency. *Int J Infect Dis*, 100: 343-349. doi: 10.1016/j.ijid.2020.09.014.
- Karbownik, M. S., Dobielska, M., Paul, E., Kowalczyk, R. P., Kowalczyk, E. (2021). Health-medication-and dietary supplement-related behaviors and beliefs relatively unchanged during the COVID-19 pandemic lockdown. *Res Social Adm Pharm*, 17(8): 1501-1506. doi: 10.1016/j.sapharm.2020.11.015.
- Khabour, O. F., Hassanein, S. F. (2021). Use of vitamin/zinc supplements, medicinal plants, and immune boosting drinks during COVID-19 pandemic: A pilot study from Benha city, Egypt. *Heliyon*, 7(3): e06538. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06538.
- Khalili, H., Nasiripour, S., Etminiani-Esfahani, M. (2010). Serum vitamin D concentration in pandemic 2009 H1N1 influenza infected patients. *J Diabetes Metab Disord*, 9: 19.
- Khan, H. M. W., Parikh, N., Megala, S. M., Predeteanu, G. S. (2020). Unusual early recovery of a critical COVID-19 patient after administration of intravenous vitamin C. *Am J Case Rep*, 21: e925521-1. doi:10.12659/AJCR.925521.
- Kieliszek, M., Lipinski, B. (2020). Selenium supplementation in the prevention of coronavirus infections (COVID-19). *Med Hypotheses*, 143: 109878. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109878.
- Kumar, R., Haq, A., Wimalawansa, S. J., Sharma, A. (2020). Putative roles of vitamin D in modulating immune response and immunopathology associated with COVID-19. *Virus Res*, 292: 198235. doi: 10.1016/j.virusres.2020.198235.
- Lange, K. W., Nakamura, Y. (2020). Lifestyle factors in the prevention of COVID-19. *Glob J Health Sci*, 4(4): 146-152. doi: 10.1016/j.glohj.2020.11.002.
- Lei, S., Jiang, F., Su, W., Chen, C., Chen, J., Mei, W., Zhan, L.Y., Jia, Y., Zhang, L., Liu, D., Xia, Z.Y., Xia, Z. (2020). Clinical characteristics and outcomes of patients undergoing surgeries during the incubation period of COVID-19 infection.

- Clin Med*, 21: 100331. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100331.
- Liu, J., Liao, X., Qian, S., Yuan, J., Wang, F., Liu, Y., Wang, Z., Wang, F.S., Liu, L., Zhang, Z. (2020). Community transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, Shenzhen, China. *Emerg Infect Dis*, 26(6): 1320. doi: 10.3201/eid2606.200239.
- Lordan, R., Rando, H. M., Greene, C. S. (2021). Dietary supplements and nutraceuticals under investigation for COVID-19 prevention and treatment. *Msystems*, 6(3): e00122-21. doi: 10.1128/mSystems.00122-21.
- Louca, P., Murray, B., Klaser, K., Graham, M. S., Mazidi, M., Leeming, E. R., Menni, C. (2020). Dietary supplements during the COVID-19 pandemic: insights from 1.4 M users of the COVID Symptom Study app—a longitudinal app-based community survey. *medRxiv*. doi: 10.1101/2020.11.27.20239087.
- Maares, M., Haase, H. (2016). Zinc and immunity: An essential interrelation. *Arch Biochem Biophys*, 611: 58-65. doi: 10.1016/j.abb.2016.03.022.
- Mah, E., Kaden, V. N., Kelley, K. M., Liska, D. J. (2020). Beverage containing dispersible yeast β -glucan decreases cold/flu symptomatic days after intense exercise: A randomized controlled trial. *J Diet Suppl*, 17(2): 200-210. doi: 10.1080/19390211.2018.1495676.
- Mak, J. W., Chan, F. K., Ng, S. C. (2020). Probiotics and COVID-19: one size does not fit all. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 5(7): 644-645. doi:10.1016/S2468-1253(20)30122-9.
- McCarthy M.F., DiNicolantonio J.J. (2020). Nutraceuticals have potential for boosting the type 1 interferon response to RNA viruses including influenza and coronavirus. *Prog Cardiovasc Dis*, 63:383–385. doi: 10.1016/j.pcad.2020.02.007.
- Manoharan, Y., Haridas, V., Vasanthakumar, K. C., Muthu, S., Thavoorullah, F. F., Shetty, P. (2020). Curcumin: A wonder drug as a preventive measure for COVID-19 management. *Indian J Clin Biochem*, 35(3): 373-375. doi: 10.1007/s12291-020-00902-9.
- McKee, D. L., Sternberg, A., Stange, U., Laufer, S., Naujokat, C. (2020). Candidate drugs against SARS-CoV-2 and COVID-19. *Pharmacol Res*, 157: 104859. doi: 10.1016/j.phrs.2020.104859.
- Messina, G., Polito, R., Monda, V., Cipolloni, L., Di Nunno, N., Di Mizio, G., Murabito, P., Carotenuta, M., Messina, A., Pisanelli, D., Valenzano, A., Cibelli, G., Scarinci, A., Monda, M., Sessa, F. (2020). Functional role of dietary intervention to improve the outcome of COVID-19: A hypothesis of work. *Int J Mol Sci*, 21(9): 3104. doi: 10.3390/ijms21093104.
- Mossink, J. P. (2020). Zinc as nutritional intervention and prevention measure for COVID-19 disease. *BMJ Nutr Prev Health*, 3(1): 111. doi: 10.1136/bmjnp-2020-000095.
- Mrityunjaya, M., Pavithra, V., Neelam, R., Janhavi, P., Halami, P. M., Ravindra, P. V. (2020). Immune-boosting, antioxidant and antiinflammatory food supplements targeting pathogenesis of COVID-19. *Front Immunol*, 11. doi: 10.3389/fimmu.2020.570122.
- Noomhorm, A., Ahmad, I., Anal, A. K. (ed.). (2014). *Functional foods and dietary supplements: processing effects and health benefit*. John Wiley & Sons. Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand, 527 p.
- Polansky, H., Lori, G. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19): first indication of efficacy of Gene-Eden-VIR/Novirin in SARS-CoV-2 infection. *Int J Antimicrob Agents*, 55(6): 105971. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2020.105971.
- Prasad, A. S. (2008). Zinc in human health: Effect of zinc on immune cells. *Mol Med*, 14(5): 353-357. doi: 10.3390/ijms21093104.
- Pereira, M., Dantas Damascena, A., Galvão Azevedo, L. M., de Almeida Oliveira, T., da Mota Santana, J. (2020). Vitamin D deficiency aggravates COVID-19: systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1-9. doi:10.1080/10408398.2020.1841090.
- Rhodes, J. M., Subramanian, S., Laird, E., Griffin, G., Kenny, R. A. (2021). Perspective: Vitamin D deficiency and COVID-19 severity—plausibly linked by latitude, ethnicity, impacts on cytokines,

- ACE2 and thrombosis. *J Intern Med*, 289(1): 97-115. doi: 10.1111/joim.13149. Rodríguez-Pérez, C., Molina-Montes, E., Verardo, V., Artacho, R., García-Villanova, B., Guerra-Hernández, E. J., Ruíz-López, M. D. (2020). Changes in dietary behaviours during the COVID-19 outbreak confinement in the Spanish COVIDiet study. *Nutr*, 12(6): 1730. doi: 10.3390/nu12061730.
- Rogero, M. M., Leão, M. D. C., Santana, T. M., de MB Pimentel, M. V., Carlini, G. C., da Silveira, T. F., Gonçalves, R.C., Castro, I. A. (2020). Potential benefits and risks of omega-3 fatty acids supplementation to patients with COVID-19. *Free Radic Biol Med*, 156: 190-199. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.005.
- Roy, A., Sarkar, B., Celik, C., Ghosh, A., Basu, U., Jana, M., Jana, A., Gencay, A., Can-Sezgin, G., Ildiz, N., Dam, P., Mandal, A.K., Ocoy, I. (2020). Can concomitant use of zinc and curcumin with other immunity-boosting nutraceuticals be the arsenal against COVID-19? *Phytother Res*, doi: 10.1002/ptr.6766.
- Sabater, J., Masclans, J. R., Sacanell, J., Chacon, P., Sabin, P., Planas, M. (2011). Effects of an omega-3 fatty acid-enriched lipid emulsion on eicosanoid synthesis in acute respiratory distress syndrome (ARDS): A prospective, randomized, double-blind, parallel group study. *Nutr Metab*, 8(1): 1-7. doi: 10.1186/1743-7075-8-22.
- Sahebnaasagh, A., Saghafi, F., Avan, R., Khoshi, A., Khataminia, M., Safdari, M., Nabavi, S. M. (2020). The prophylaxis and treatment potential of supplements for COVID-19. *Eur J Pharmacol*, 887: 173530. doi: 10.1016/j.ejphar.2020.173530.
- Savarese, M., Castellini, G., Morelli, L., Graffigna, G. (2021). COVID-19 disease and nutritional choices: How will the pandemic reconfigure our food psychology and habits? A case study of the Italian population. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 31(2): 399-402. doi: 10.1016/j.numecd.2020.10.013.
- Sekhri, K., Kaur, K. (2014). Public knowledge, use and attitude toward multivitamin supplementation: A cross-sectional study among general public. *Int J Appl Basic Med Res*, 4(2): 77. doi: 10.4103/2229-516X.136780.
- Singh, P., Tripathi, M. K., Yasir, M., Khare, R., Tripathi, M. K., Shrivastava, R. (2020). Potential Inhibitors for SARS-CoV-2 and Functional Food Components as Nutritional Supplement for COVID-19: A Review. *Plant Foods Hum Nutr*, 75: 458-466. doi: 10.1007/s11130-020-00861-9.
- Shakoor, H., Feehan, J., Al Dhaheri, A. S., Ali, H. I., Platat, C., Ismail, L. C., Apostolopoulos, Stojanovska, L. (2020). Immune-boosting role of vitamins D, C, E, zinc, selenium and omega-3 fatty acids: Could they help against COVID-19? *Maturitas*, 143: 1-9. doi: 10.1016/j.maturitas.2020.08.003.
- Skalny, A. V., Rink, L., Ajsuvakova, O. P., Aschner, M., Gritsenko, V. A., Alekseenko, S. I., Svistunov, A.A., Petrakis, D., Spandidos, D.A., Aaseth, J., Tsatsakis, A., Tinkov, A. A. (2020). Zinc and respiratory tract infections: Perspectives for COVID-19. *Int J Mol Med*, 46(1): 17-26. doi: 10.3892/ijmm.2020.4575.
- Suravajhala, R., Parashar, A., Malik, B., Nagaraj, V. A., Padmanaban, G., Kavi Kishor, P. B., Suravajhala, P. (2020). Comparative docking studies on curcumin with COVID-19 proteins. *Preprints*. doi: 10.20944/preprints202005.0439.v3.
- Te Velthuis, A. J., van den Worm, S. H., Sims, A. C., Baric, R. S., Snijder, E. J., van Hemert, M. J. (2010). Zn²⁺ inhibits coronavirus and arterivirus RNA polymerase activity in vitro and zinc ionophores block the replication of these viruses in cell culture. *PLoS Pathog*, 6(11): e1001176. doi:10.1371/journal.ppat.1001176.
- Valencia, D. N. (2020). Brief review on COVID-19: The 2020 pandemic caused by SARS- CoV-2. *Cureus*, 12(3): e7386. doi:10.7759/cureus.7386.
- Velioglu-Er, E. (2019). Gıda takviyelerinin kullanımının belirlenmesi üzerine bir araştırma: Trakya örneği. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Trakya, Türkiye, 97s.
- Veysioğlu, N., Mendeş, B. (2020). Koronavirüs hastalığı olan bireylerin beslenmesinde mikro besin ögesi takviyeleri. 1th Science and Innovation Congress, Ankara, Türkiye, 20 - 21 Aralık 2020.

- Vivier, E., Raulet, D. H., Moretta, A., Caligiuri, M. A., Zitvogel, L., Lanier, L. L., Yokoyama, W.M., Ugolini, S. (2011). Innate or adaptive immunity? The example of natural killer cells. *Sci*, 331(6013): 44-49. doi: 10.1126/science.1198687.
- Von-Bülow V., Dubben S., Engelhardt G., Hebel S., Plümäkers B., Heine H., Rink L., Haase H. (2007). Zinc-dependent suppression of TNF- α production is mediated by protein kinase A induced inhibition of Raf-1, I κ B kinase β , and NF- κ B. *J Immunol*, 179: 4180–4186. doi: 10.4049/jimmunol.179.6.4180.
- Wang, L. S., Wang, Y. R., Ye, D. W., Liu, Q. Q. (2020). A review of the 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) based on current evidence. *Int J Antimicrob Agents*, 55: 105948. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2020.10.
- Weill, P., Plissonneau, C., Legrand, P., Rioux, V., Thibault, R. (2020). May omega-3 fatty acid dietary supplementation help reduce severe complications in Covid-19 patients?. *Biochim*, 179:275-280. doi: 10.1016/j.biochi.2020.09.003.
- WHO (2021). Coronavirus. https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1__ (Erişim Tarihi: 20.08.2021).
- Yasar, R. K., Aytekin, Ö. Ü. (2021). COVID-19 ve Beslenme Arasındaki İlişkiye Güncel Bir Bakış. *Akademik Gıda*, 19(1): 108-115. doi: 10.24323/akademik-gida.927735.
- Zhang, J., Taylor, E. W., Bennett, K., Saad, R., Rayman, M. P. (2020). Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *Am J Clin Nutr*, 111(6): 1297-1299. doi: 10.1093/ajcn/nqaa095.
- Zhang, H., Kang, Z., Gong, H., Xu, D., Wang, J., Li, Z., Cui, X., Xiao, Meng, T., Zhou, W., Liu, J., Xu, H. (2020). The digestive system is a potential route of 2019-nCov infection: a bioinformatics analysis based on single-cell transcriptomes. *BioRxiv*. doi: 10.1101/2020.01.30.927806.
- Zhang L., Liu Y. (2020). Potential interventions for novel coronavirus in China: A systematic review. *J Med Virol*, 92: 479–490. doi: 10.1002/jmv.25707.
- Zhou, Y. F., Luo, B. A., Qin, L. L. (2019). The association between vitamin D deficiency and community-acquired pneumonia: A meta-analysis of observational studies. *Med*, 98(38): e17252, doi: 10.1097/MD.00000000000017252.
- Zhou, Z., Zhao, N., Shu, Y., Han, S., Chen, B., Shu, X. (2020). Effect of gastrointestinal symptoms in patients with COVID-19. *Gastroenterology*, 158(8): 2294. doi: 10.1053/j.gastro.2020.03.020.

BURSA İLİ KIRSAL BÖLGELERİNDEKİ İÇME SUYU AMAÇLI KULLANILAN KUYU SULARININ AĞIR METAL SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşe Kurt^{1*}, Selman Kander², Ömer Utku Çopur³

^{1*} Bursa Uludağ Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bursa, Türkiye

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Bursa, Türkiye

³Bursa Uludağ Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bursa, Türkiye

Geliş / Received: 12.01.2022; Kabul / Accepted: 02.03.2022; Online baskı / Published online: 05.03.2022

Kurt, A., Kander, S., Çopur, Ö.U. (2022). Bursa ili kırsal bölgelerindeki içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının ağır metal seviyelerinin belirlenmesi. *GIDA* (2022) 47(2)199-211 doi: 10.15237/gida.GD22012

Kurt, A., Kander, S., Çopur, Ö.U. (2022). Determination of the heavy metal levels of well waters used as drinking waters in the rural areas of Bursa city. *GIDA* (2022) 47(2)199-211 doi: 10.15237/gida.GD22012

ÖZ

Bu çalışma kapsamında Bursa ili kırsal bölgelerindeki 10 farklı noktadan içme suyu amaçlı kullanılan kuyu suyu toplanmış ve analiz edilmiştir. Numunelerin içerdikleri ağır metallerin ortalama seviyeleri ($\mu\text{g/L}$); Cu (183.40) > Fe (86.29) > Al (55.75) > Mn (20.2) > Cr (7.33) > Cd (5) > Ni (2.54) > As (2.23) > Se (1.99) > Pb (1.55) > Hg (1) > Sb (0.70) > B (0.0002) olarak bulunmuştur. Tüm kuyu sularına ait su kalite indeksi (WQI) değerleri < 50 olduğu için su kaliteleri DSÖ (2011) kriterlerine göre “mükemmel” olarak tanımlanmıştır. Ağır metal kirliliği (HPI) değerleri <100 olduğundan sağlık açısından olumsuz etkilere yol açmadığı sonucuna varılmıştır. Ağır metal değerlendirme indeksi (HEI) <10 ve çok düşük değerlerde olduğundan sonuçlar su kaynaklarında kayda değer bir kirliliğin olmadığını göstermiştir. Tüm kuyulara ait suların maksimum kirletici seviyeleri (MCL) EPA (2018)’e göre 0.01 mg/L’nin altında olup insan ve hayvan için kanserojen risk içermemektedirler.

Anahtar kelimeler: Su kalitesi, kırsal bölgeler, ağır metaller, yeraltı suları, içme suları.

DETERMINATION OF THE HEAVY METAL LEVELS OF WELL WATERS USED AS DRINKING WATERS IN THE RURAL AREAS OF BURSA CITY

ABSTRACT

Well waters were collected from 10 different points in rural areas of Bursa city. The average heavy metal doses in samples were found as ($\mu\text{g/L}$); Cu (183.40) > Fe (86.29) > Al (55.75) > Mn (20.2) > Cr (7.33) > Cd (5) > Ni (2.54) > As (2.23) > Se (1.99) > Pb (1.55) > Hg (1) > Sb (0.70) > B (0.0002). Since the WQI values of all samples are < 50, the water qualities were defined as “perfect” according to WHO (2011). Since the HPI values are < 100, heavy metal levels do not cause negative effects in terms of health. Since the HEI values are < 10, the results show that there is no significant pollution at the sources. The MCL values of all waters are below 0.01 mg/L according to EPA (2018) thus, they do not contain carcinogenic risks for humans and animals.

Keywords: Water quality, rural areas, heavy metals, groundwater, drinking water.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ kurtayse1987@gmail.com

☎ (+90) 224 294 0000/55448

☎ (+90) 0 224 294 14 02

Ayşe Kurt; ORCID no: 0000-0003-0085-7517

Selman Kander; ORCID no: 0000-0003-2098-9445

Ömer Utku Çopur; ORCID no: 0000-0002-1951-7937

GİRİŞ

Bursa Türkiye'nin başta gelen sanayi merkezi illerinden biridir. Bursa ilinin su ihtiyacı yüzeysel sular, yeraltı suları ve pınarlar olmak üzere üç ana kaynaktan karşılanmakta iken, son yıllarda meydana gelen kuraklıkların sebep olduğu yüzey sularındaki azalmaların yeraltı sularına olan talebi ciddi oranda artırdığı görülmüştür (BÇDR, 2019; Solak, 2019). Artan su çekimleri yeraltı suyu seviyelerinin yanında kalitesinde de bir takım değişimlere neden olmuştur. Yapılan çalışmalarda Bursa ili kırsal bölgelerinde yer alan yeraltı su kaynaklarından bazılarının yıllara göre yukarıda bahsedilen tarım uygulamaları ve sanayileşmeye bağlı olarak ciddi oranda kalitesinin kötüleştiği tespit edilmiştir (BÇDR, 2019).

Bursa Ovası genelde serbest yeraltı suyu ve artezyen akiferler içerdiği için ovada yeraltı suyu temini sığ kuyulardan yapılmaktadır. Genel olarak sular içilebilir durumda olup, endüstriyel kullanıma da uygundur. (DSİ, 2018). İl sınırları içerisinde yıllık yeraltı suyu potansiyelinin 366.85 hm³ olduğu bildirilmiştir. Yıllık çekilen miktar ise 363.67 hm³ civarındadır. Yeraltı suyu tahsisi; içme-kullanma, sulama, proses ve hayvancılık amaçlı olarak yapılmaktadır. Bursa ilinde yeraltı su kirliliğine neden olabilecek faktörler arasında noktasal kaynaklar (fabrikalar), yayılı kaynaklar (tarım uygulamaları) ve diğer önemli kirletici kaynaklar ele alınmaktadır. Mudanya ilçesinde yaygın olarak yapılan tarımsal uygulamalara bağlı olarak zirai ilaç ve gübre kullanımından kaynaklanan yeraltı sularını tehdit eden bir yayılı kaynak kirlenmesi raporlanmıştır (BÇDR, 2017). Noktasal kaynaklar kendi içerisinde endüstriyel ve evsel kaynaklar olarak iki alt kaynağa ayrılmaktadır. Noktasal kaynak olarak Bursa İlinde ele alınabilecek endüstriyel bölgeler: Karacabey ilçesinde bulunan İkizce-Badırga Köyleri arasında bulunan Deri Organize Sanayi Bölgesi; Nilüfer ilçesinde bulunan Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Organize Sanayi Bölgesi, Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi ve Hasanağa Organize Sanayi Bölgesi; Osmangazi ilçesinde kurulmuş olan Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi; Gemlik İlçesinde kurulmuş olan Gemlik Organize Sanayi Bölgesi; İnegöl İlçesinde kurulmuş olan İnegöl Organize Sanayi Bölgesi; Mustafakemalpaşa

İlçesinde kurulu Mustafakemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi ve Yenişehir İlçesinde kurulu olan Yenişehir Organize Sanayi Bölgesi olarak sıralanabilmektedir (Çevre, 2017; Solak, 2019).

Bununla birlikte, dünyadaki mevcut suyun miktarı 141 milyar m³ olmasına rağmen, kullanılabilir su miktarı 7600 m³/kişi-yıldır, Türkiye'de ise bu sayının 1430 m³/kişi-yıl olduğu bilinmektedir (Yalılı Kılıç, 2016). Nüfus artışı ve insan ömrünün uzaması gibi faktörler ele alındığında ise, 2025 yılında kişi başına 1100 m³ suyun düşeceği tahmin edilmektedir (Solmaz, 2011). Kullanılabilir su miktarının giderek azalacak olması, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kentsel su yönetimi kavramının uygulanması gereğini ortaya koymaktadır (Córcoles vd., 2010; Petroulias vd., 2016). Bu yönetim anlayışına göre, kirlenmiş bir su kaynağının iyileştirilmesi ya da oluşan atıksuların arıtılması gibi çözümlerden önce önceliğin su kaynaklarının kirlilikten korunmasına verilmesi gereklidir (Araujo vd., 2015; Rygaard vd., 2014). Suyun kalite ve miktar analizleri yapılarak, kirletici faktörler belirlenmeli, su kaynaklarına uygun önlemlerin alındığı stratejiler uygulanmalıdır (Gao vd., 2014; Kolokytha vd., 2002). Sürdürülebilir kentsel su yönetiminin doğru şekilde uygulanabilmesi için çevresel, ekonomik ve sosyal unsurların birbiriyle bütünleştirilmesi, mevcut plan ve projelerdeki eksikliklerin göz önüne alınarak hareket edilmesi gerekmektedir. Eksikliklerin doğru raporlanabilmesi için su kaynakları izlenmeli ve planlamanın zayıf noktaları ve fırsatları belirlenmelidir (Araujo vd., 2015; Hu vd., 2014). İlgili kurumlar tarafından konunun sürdürülebilir kentsel su yönetimi kapsamında değerlendirilmesi için çevresel, sosyal ve ekonomik unsurlarla birlikte ele alınması gerekmektedir (Kolokytha vd., 2002; Van der Hoek vd., 2016).

Yapılan araştırmalara göre son 15 yıldır Emet Çayı'nda 50 mg/L'nin üzerinde olmak üzere çok yüksek bor derişimlerinin gözlemlendiği bilinmektedir (Benzer, 2017; Tokatlı vd., 2016). Dalkıran vd. (2020) Bursa ilinde yer alan Mustafakemalpaşa Çayı'nın su kalitesini belirleme amacıyla çeşitli ağır metal kirlilik parametrelerini incelemiş, bor, arsenik, civa, krom, nikel,

alüminyum ve demirin Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (HSKY, 2016) göre yıllık ortalama çevresel kalite standardı ve/veya maksimum çevresel kalite standardının üstünde olduğunu tespit etmişlerdir (Dalkıran vd., 2020). Yapılan bu çalışmalara bakıldığında Bursa ili yüzeysel su kaynaklarında ağır metal kirliliği raporlanmasına rağmen içme suyu amaçlı kullanılan su kaynaklarıyla ilgili literatürde herhangi bir çalışma olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple bu çalışma, Bursa ilinde bulunan kırsal bölgelere ait içme suyu amaçlı kullanılan yeraltı sularının ağır metal seviyelerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan ilk çalışma olup, özellikle kırsal bölgelerde oluşabilecek içme ve kullanma sularından kaynaklı halk sağlığını tehdit eden sorunlara karşı çözüm önerilerinin geliştirilmesi açısından son derece önemlidir. Mevcut çalışma kapsamında Bursa ili içerisinde farklı kırsal bölgelerde bulunan ilçe, köy ve beldelere ait çeşitli noktalar belirlenmiş ve bu noktalardan toplanan su numunelerinin ağır metal seviyelerinin belirlenmesi için gerekli laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Bölgesi Olan Bursa İli'nin Önemi ve Numune Alma

Bursa ili, 40 derece boylam ve 28 - 30 derece enlem daireleri arasında Türkiye'nin kuzeybatısında ve Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer almaktadır. Doğuda Bilecik, Adapazarı, kuzeyde İzmit, Yalova, İstanbul ve Marmara Denizi, güneyde Eskişehir, Kütahya ve batıda Balıkesir illeriyle çevrilidir. Toplam 11027 kilometrekarelik alana sahip olan Bursa'nın Büyükşehir, Gemlik, Gürsu, Harmancık, İnegöl, İznik, Karacabey, Keles, Kestel, Mudanya, Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Orhangazi, Yenişehir, Nilüfer, Osmangazi ve Yıldırım isimli 17 ilçesi bulunmaktadır (TÜİK, 2016).

Bursa ilinin su ihtiyacı yüzeysel sular, yeraltı suları ve pınarlar olmak üzere üç ana kaynaktan karşılanmakta iken, son yıllarda bahsi geçen kuraklıklar sonucu yüzeysel sularında meydana gelen azalmaların yeraltı sularına olan talebi ciddi oranda artırdığı görülmüştür (BÇDR, 2019; Solak, 2019).



Şekil 1. Numune alma noktaları
Figure 1. The location of water sampling points

Bu kapsamda, araştırma konusu olan su numunelerinin alındığı yerler ve numune alma noktaları Şekil 1'de harita üzerinde gösterilmiştir. Mudanya ilçesine bağlı beş (5) köyden (Yörükyenicesi, Yalıçiftlik, Zeytinbağı, Egerce ve

Mesudiye), Gemlik ilçesine bağlı dört (4) köyden (Engürücük, Büyükkumla, İslamköy ve Gemsaz) ve Osmangazi İlçesine bağlı bir (1) köyden (Yiğitalı) BUSKİ tarafından içme ve kullanma suyu amaçlı işletilen kuyuların çıkışından, kuyuya

bağlı depolardan ve kuyuya bağlı ana şebekelerden numune alımları gerçekleştirilmiştir. Kuyu suyu numunelerinin arıtım proses sıralamaları Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı'na bağlı İçme Suyu Tesisleri Birimi'nin gerçekleştirmiş olduğu üzere belirtilmiştir: Klorlama→Paket İçme Suyu Arıtım Prosesi veya Baraj Suyuyla Paçal Etme (Sonuçlar istenilen değerlerin üzerinde ise)→Klorlama→Şebeke Dağıtım

Numuneler, bu bölgelerden Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi'de (BUSKİ) görevli teknik

personel tarafından anlık olarak Haziran 2021 tarihinde alınmıştır. Bu amaçla, görevli teknik personel için, BUSKİ'den gerekli teknik destek izin yazısı da sağlanmıştır. Numuneler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (2009) (SKKY, 2004) hükümlerine uygun olarak 500 mL ağzı kapalı plastik şişelere alınacak ve soğuk zincir taşıma koşulları ile analizleri yapılmak üzere laboratuvara ulaştırılmıştır. Dezenfeksiyon yöntemi: klorlama olup, numune alma yöntemi ve sayısı: anlık - 1 kez'dir. Çizelge 1'de numune alımına ilişkin olarak, numunenin alındığı bölge ismi, numune alım noktası ve şekli bilgileri verilmiştir.

Çizelge 1. Numune alımına ait bilgiler

Sıra No (Serial No)	Numunenin Alındığı Bölge (Region Where the Sample Was Taken)	Numune Alım Noktası (Sampling Point)
1	Osmangazi Yiğitalı	Kuyu çıkışı-tek noktadan (Well outlet-from a single point)
2	Gemlik Gensaz	Kuyu çıkışı-tek noktadan (Well outlet-from a single point)
3	Gemlik İslamköy	Kuyu çıkışı-tek noktadan (Well outlet-from a single point)
4	Gemlik Engürücük	Kuyu çıkışı-tek noktadan (Well outlet-from a single point)
5	Gemlik Büyük Kumla	Depo çıkışı-tek noktadan (Reservoir outlet-from a single point)
6	Mudanya Yahçıftlık	Kuyu çıkışı-tek noktadan (Well outlet-from a single point)
7	Mudanya Zeytinbağı	Kuyu çıkışı-tek noktadan (Well outlet-from a single point)
8	Mudanya Eğerce	Şebeke çıkışı-tek noktadan (Waterworks outlet-from a single point)
9	Mudanya Mesudiye	Şebeke çıkışı-tek noktadan (Waterworks outlet-from a single point)
10	Mudanya Yörük Yenice	Şebeke çıkışı-tek noktadan (Waterworks outlet-from a single point)

Numuneler TSE ISO 5667-3 (TSE, 1997) – Su Kalitesi – Numune Alma – Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşıma Kuralları çerçevesinde saklanmıştır. Bu süre içinde kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel açıdan bozulan veya tehlike arz eden numuneler, numune saklama süresinin bitimi beklemeden imha edilmiştir.

İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) Analizleri

Su numunelerinde 13 ağır metal elementi olan alüminyum, mangan, demir, bor, antimon, arsenik, bakır, civa, kadmiyum, krom, kurşun, nikel ve selenyum (Al, Mn, Fe, B, Sb, As, Cu, Hg, Cd, Cr, Pb, Ni ve Se) konsantrasyonları ICP-MS (Perkin Elmer, NEXION 1000, Massachusetts, ABD) cihazında analiz yapılarak belirlenmiştir (Yuksel ve Arica, 2018). Ölçüm, metot geçerli kılma ve belirsizlik hesaplamaları EPA 200.8 ve

EPA 6020A metotları ile gerçekleştirilmiştir (EPA, 1994a, 1994b). Çizelge 2'de ICP-MS cihazı optimum çalışma şartları verilmiştir. Nicel analiz için en az beş farklı derişim aralığında çizilen kalibrasyon eğrisinden ($r^2 > 0.999$) faydalanılarak sonuçlar hesaplanmıştır.

İstatistiksel Analizler

“Pearson” korelasyon matrisleri ve ağır metal içeriklerinin bölgelere göre dağılım grafiği (Şekil 2) MS Office Excel 2019 programı kullanılarak hesaplanmış ve oluşturulmuştur. Ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği için tüm analizler 3 kez tekrar edilmiştir.

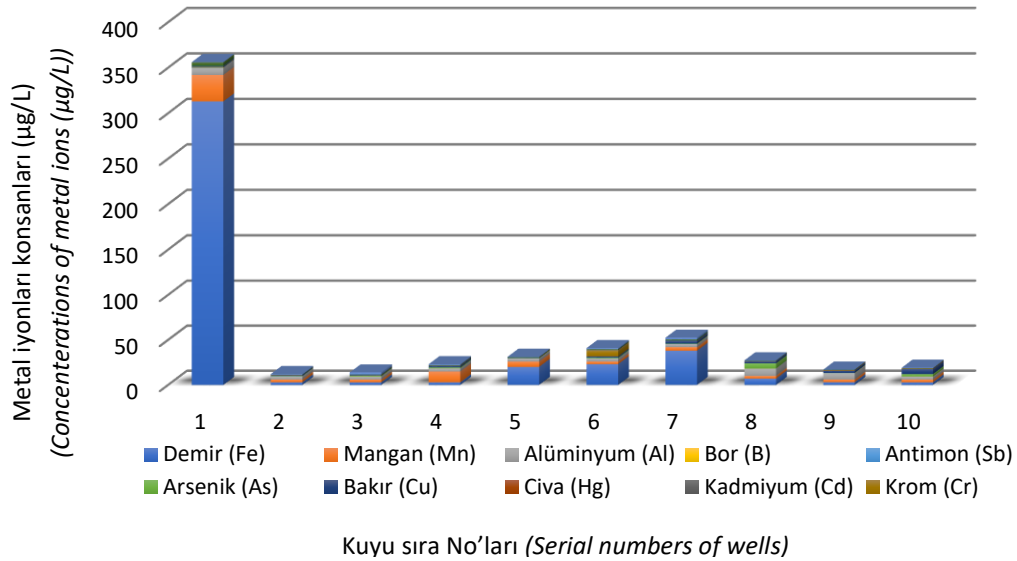
Ağır metal parametreleri arasındaki korelasyonun yönü ve seviyesinin belirlenmesi amacıyla “Pearson” korelasyon matrisleri hesaplanmıştır. Değişken parametreler arasında: korelasyon katsayısı: $r < 0.2$ ise korelasyon çok zayıf yoktur,

r: 0.2-0.4 aralıdaysa zayıf korelasyon, r: 0.4-0.6 aralıdaysa orta seviyede korelasyon, r: 0.6-0.8 aralıdaysa yüksek seviyede korelasyon, $0.8 > r$ ise

çok yüksek seviyede korelasyonun mevcudiyeti söz konusudur (Tokatlı, 2017; Ustaoglu vd., 2017).

Çizelge 2. ICP-MS cihazı optimum çalışma şartları
Table 2. The optimal operating conditions of ICP-MS instrument

Cihaz Parametresi (Instrument Parameter)	Şartlar (Conditions)
RF gücü (RF power)	1600 Watt
RF voltajı (RF voltage)	200 Volt
Hücre girişi voltajı (Cell input voltage)	-10 Volt
Hücre girişi voltajı RB (Cell input voltage RB)	-10.057 Volt
Hücre çıkışı voltajı (Cell outlet voltage)	-22 Volt
Hücre çıkışı voltajı RB (Cell outlet voltage RB)	-22.04 Volt
Kanal gaz akışı (Channel gas flow)	0 ml/dak (ml/min)
Plazma gaz akışı (Plasma gas flow)	15 L/dak (L/min)
Plazma gaz akışı RB (Plasma gas flow RB)	14.98 L/dak
Argon gaz kaynağı basıncı (Pressure Argon gas source)	91.42 psig
Vakum basıncı tam RB (Full Vacuum pressure RB)	6e-07 Torr
Vakum basıncı düşük RB (Low Vacuum pressure RB)	2e-07 Torr



Şekil 2. Bursa İli kırsal alanlara ait içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının içerdikleri metal iyonlarının sütun dağılım grafiği

Figure 2. Column graph of metal ions in well waters of the rural areas of Bursa City which are used as drinking waters

BULGULAR ve TARTIŞMA

Analiz Metodunun Güvenilirliği

Çizelge 3'te kullanılan analitik yöntemin metot performans parametreleri (tayin sınırı, tekrarlanabilirliği, ara kesinlik, geri kazanım ve

ölçüm belirsizliği) sunulmuştur. Bu metot ile elde edilen parametreler EPA 200.8 (EPA, 1994a) ve EPA 6020 A (EPA, 1994b) kriterleri ile uyum sağlamaktadır.

Çizelge 3. Analiz metodunun performans parametreleri (n = 20)
 Table 3. Performance parameters of the analysis method (n = 20)

Analizin Adı (Name of analysis)	LOQ (µg/L)	Geri kazanım (Recovery) (%)	% CV _r ¹	% CV _i ²	u (%) ³
Fe	2.92	101.5	3.8	4.29	5.8
Mn	3.02	88.35	4.25	4.34	5.6
Al	3.27	101.9	3.62	3.81	4.4
B	0.05	98.8	1.88	3.38	4.2
Sb	0.1	99.47	0.83	1.35	2
As	0.1	101.02	2.38	4.38	6
Cu	0.1	101.63	1.33	1.72	3.27
Hg	0.1	98.53	2.24	2.97	4
Cd	0.1	100.32	1.53	1.67	2.6
Cr	0.1	100.67	4.39	5.11	6.9
Pb	0.1	101.14	1.22	1.52	1.74
Ni	0.1	101.74	1.52	2.04	2.22
Se	0.1	103.03	1.98	2.19	3.2

¹Tekrarlanabilirlik rölâtif standart sapma (Repeatability relative standard deviation), ²Ara kesinlik rölâtif standart sapma (Intermediate precision relative standard deviation), ³Rölâtif standart ölçüm belirsizliği (Relative standard uncertainty of measurement)

Numunelerin Ağır Metal Seviyeleri

Bursa ili farklı ilçelere ait bölgelerden toplanan içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının analizinden elde edilen ağır metal seviyeleri ve 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik' (İTAS, 2016) hükümlerine göre yasal limit değerler Çizelge 4'te belirtilmiştir. Kuyu sularının içermiş olduğu ortalama ağır metal seviyeleri µg/L birimiyle; Cu (183.40) > Fe (86.29) > Al (55.75) > Mn (20.2) > Cr (7.33) > Cd (5) > Ni (2.54) > As (2.23) > Se (1.99) > Pb (1.55) > Hg (1) > Sb (0.70) > B (0.0002) olarak bulunmuştur. Çizelge 4'teki analiz sonuçları incelendiğinde su örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarının WHO (2011) ve 20.10.2016 Tarih ve 29863 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular (İTAS) Hakkında Yönetmelik ekinde belirtilen içme suyu limit değerlerini genel olarak aşmadığı görülmüştür (İTAS, 2016; WHO, 2011).

Ancak 1 No'lu kuyu suyundaki 313 µg/L olan demir değeri İTAS (2016) yönetmelik değerinin üzerinde kalmıştır (limit değer: 200 µg/L) (İTAS, 2016; WHO, 2011). Ancak bu kaynağa ait su bu şekilde şebekeye verilmemekte, arıtmaya tabi tutulmakta (paket içme suyu arıtma tesisi) ve standart limit değerlere uygun olarak dağıtımı

sağlanmaktadır. Doğada bulunan içme suyu kaynaklarının içerdiği demir konsantrasyonları 0.5 ila 50 mg/L arasında değişmektedir (WHO, 2011). Demir elementi daha çok, demir(II)oksit formunda, insan vücudunun ihtiyaç duyduğu temel elementlerdendir. Ancak bazı içme suları kaynaklarında bulunan demir(II) tuzları kararsız yapıdadır ve buna bağlı olarak çözünemeyen demir(III)hidroksit formuna geçebilmekte ve pas renginde çökelmektedir. 3000 µg/L altındaki demirin insan sağlığına herhangi bir zararlı etkisi yoktur (Selçuk vd., 2019). Bununla birlikte, tat eşik değeri bunun epey alt seviyesinde olduğundan genel insan sağlığı için önerilen limit değer (WHO, 2011) altıdır. Şekil 2'de Bursa ili kırsal alanlara ait içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının içerdikleri metal iyonlarının dağılımı grafiksel olarak belirtilmiştir.

Nikel parametresinin demir ile yüksek korelasyona sahip olduğu (r > 0.8) işaretlenerek gösterilmiş olup bu sonucun Ni ve Fe elementinin altyapıya bağlı olarak tesisat ve borulardan suya geçmiş olabileceği ihtimalinden kaynaklandığı varsayılmıştır. Nikel, demir ve mangan, bu elementi taşıyan kayaçların yağışlarla birlikte çözünmesiyle yeraltı su kaynaklarının bazılarında geçmektedir. Bununla birlikte içme sularındaki

Bursa kırsalındaki kuyu sularının ağır metal seviyeleri

varlığı çoğunlukla tesisat ve borulardan kaynaklanmaktadır. İçme sularında bulunan nikel içeriği genel olarak 0.02 mg/L'den azdır. Tesisat

veya borulardan suya nikel geçişi 1 mg/L miktarına kadar ulaşabilmektedir (WHO, 2011).

Çizelge 4. Bursa İli farklı ilçelere ait içme suyu kuyularından alınan örneklerin ağır metal iyonları içeriği ve konsantrasyonları

Table 4. Heavy metal ions content and concentrations of the samples taken from drinking water wells in different districts of Bursa City

Metal İyonları-Birimi: µg/L (Metal Ions-Unit: µg/L)	#Limit Değer (Limit Value)	Kuyu Sıra No'ları (Serial Numbers of Wells)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demir (Iron)	200	313.00	*<2.92	<2.92	<2.92	20.00	23.00	38.00	7.00	3.00	<2.92
Mangan (Manganese)	50	29.00	<3.02	<3.02	12.00	6.00	<3.02	4.00	<3.02	<3.02	<3.02
Alüminyum (Aluminum)	200	8.00	<3.27	<3.27	<3.27	<3.27	<3.27	<3.27	8.00	7.00	<3.27
Bor (Boron)	1000	<0.05	0.16	0.08	0.15	<0.05	0.06	0.05	0.06	<0.05	0.08
Antimon (Antimony)	5	<0.1	0.36	0.20	0.16	0.1	0.11	0.15	0.14	<0.1	0.11
Arsenik (Arsenic)	10	<0.1	0.25	0.71	0.95	0.48	0.83	0.45	5.82	0.19	2.59
Bakır (Copper)	2000	0.46	0.58	0.65	1.41	0.38	1.26	2.58	1.99	2.48	5.65
Civa (Mercury)	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kadmiyum (Cadmium)	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Krom (Chromium)	50	0.44	<0.1	<0.1	0.21	<0.1	6.94	0.15	0.21	0.44	0.24
Kurşun (Lead)	10	0.66	0.12	<0.1	0.34	<0.1	0.17	0.76	0.17	0.16	<0.1
Nikel (Nickel)	20	4.01	0.31	0.33	0.38	0.21	0.91	0.91	0.35	0.29	0.28
Selenyum (Selenium)	10	<0.1	0.68	2.23	0.95	0.32	1.06	1.85	0.21	<0.1	0.59

#Numune/Numunelerde suyun yapılan analiz sonucunda 20.10.2016 Tarih ve 29863 Sayılı Resmî Gazetede yayınlanan 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te yer alan Ek-1 Çizelge b bükümlerine göre limit değer belirlenmiştir. (As a result of the analysis of water in the sample/samples, the limit value has been determined according to the provisions of Annex-1 Table b of the 'Regulation on Water Intended for Human Consumption' published in the Official Gazette dated 20.10.2016 and numbered 29863.) *<Kantifikasyon limiti (LOQ) (Limit of quantification (LOQ))

Çizelge 5. Bursa İli farklı ilçelere ait içme suyu kaynağı olarak kullanılan kuyulardan alınan su numunelerinin içerdiği ağır metallerle ait "Pearson" korelasyon matrisleri

Table 5. "Pearson" correlation matrices of heavy metals in water samples taken from drinking water wells in different districts of Bursa City

	Fe	Mn	Al	B	Sb
Fe	1				
Mn	0.929	1			
Al	0.527	0.45	1		
B	-0.304	-0.074	-0.417	1	
Sb	-0.266	-0.248	-0.331	0.767	1
As	-0.251	-0.268	0.365	-0.107	-0.137
Cu	-0.29	-0.334	-0.07	-0.132	-0.302
Hg	0	0	0	0	0
Cd	0	0	0	0	0
Cr	-0.033	-0.133	-0.172	-0.182	-0.22
Pb	0.631	0.595	0.21	-0.23	-0.187
Ni	0.989*	0.908	0.501	-0.295	-0.259
Se	-0.298	-0.322	-0.624	0.118	0.276

*Korelasyon matrisi 0,01 seviyesinde anlamlıdır. (*The correlation matrix is significant at the level of 0.01.)

Bununla birlikte, Çizelge 5'te Ni, Fe ve Mn arasında korelasyonun yüksek olduğu (0.989* ve 0.908), Pb'nin Fe ve Mn arasında orta seviyeli korelasyonun olduğu (0.631 ve 0.595) ve Al'in Fe ile orta seviyede korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak bu korelasyonların ilgili bölgelerde bulunan çoğu altyapının tesisat ve borularından kaynaklandığı varsayılmaktadır. Bununla birlikte sonuçlar, 20.10.2016 Tarih ve 29863 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te yer alan Ek-1 Çizelge b hükümleri limit değerlerinin çok altında bulunmuş ve dolayısıyla numunelerin içme suyu olarak tüketimi uygundur.

Ağır Metal Kirliliği İndeksi (HPI), Ağır Metal Değerlendirme İndeksi (HEI) ve Su Kalite İndeksinin Belirlenmesi (Weight Quality Index-WQI)

Ağır metal kirliliği indeksinin hesaplanması, metal parametrelerinin su kalitesi üzerinde etkisinin değerlendirilmesi için gereklidir. Dolayısıyla, HPI değerleri ağır metallerin toplam su kalitesi üzerindeki etkisinin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan bir parametredir (Herojeet vd., 2015; Ustaoglu, 2021). Ağır metal kirliliği indeksi (HPI) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (1-3) (Mohan vd., 1996);

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (2)$$

$$W_i = \frac{k}{S_i} \quad (3)$$

Q_i : Ağır metal parametrelerinin alt indeksi, C_i : Ağır metal parametrelerinin konsantrasyon değeri ($\mu\text{g/L}$) (Çizelge 4), S_i : Ağır metal parametrelerinin içme suları kategorisindeki standart değerleri (WHO, 2011), W_i : Ağır metallerin birim ağırlığı, k : Sabit değer, 1

HPI değeri < 100 olduğunda ağır metal kirliliği boyutunun düşük seviyeli olduğunu ve sağlık açısından olumsuz etkilere yol açmadığını belirtir. HPI = 100 ise, bu durum eşik riski ve sağlık açısından olumsuz etkileri temsil etmektedir. HPI > 100 olduğunda ise, su kaynağının içme suyu

olarak kullanılmayacak durumda olduğunu belirtir (Saleh vd., 2019). Ağır metal değerlendirme indeksi, suyun ağır metal kirliliğiyle alakalı kalitesine bağlı olarak değerlendirilmesini ifade etmektedir (Edet ve Offiong, 2002). Ağır metal değerlendirme indeksi, HEI aşağıda yer alan formüldeki gibi hesaplanmaktadır (4).

$$HEI = \sum_{i=1}^n \frac{H_C}{H_{MAC}} \quad (4)$$

H_C : Ağır metal parametreleri için tespit edilen değerler (Çizelge 4), H_{MAC} : Ağır metal parametreleri için mücade edilen maksimum konsantrasyon değeri (Çizelge 6) (WHO, 2011)

HEI < 10 olduğunda kirliliğin düşük seviyede olduğu, $10 < HEI < 20$ olduğunda kirliliğin orta seviyeli, HEI > 20 ise kirliliğin yüksek seviyede olduğu yorumu yapılabilmektedir (Saleh vd., 2019). Bu çalışma, Bursa İli ilçelerine ait kırsal bölgelerdeki içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının kalitesindeki değişimlerin içerdikleri ağır metal seviyelerine bağlı olarak lokasyonlara göre tespiti ve değerlendirilmesini içermektedir. WQI formülasyonunda, çeşitli parametrelerin önemi suyun kullanım amacına bağlıdır; burada su kalite parametreleri insan tüketimine uygunluk açısından incelenmektedir. Bu çalışmada kullanılan içme suyu için 'standartlar' (çeşitli parametrelerin izin verilen değerleri) Dünya Sağlık Örgütü, DSÖ (2011) ve Türk Standartları Enstitüsü içme suyu standartları (2001) tarafından önerilenlerdir (IQS, 2001; WHO, 2011). Metal parametrelerinin her biri için mevcut su kalitesi ve insan sağlığı üzerindeki etkisiyle alakalı şekilde 1 ile 5 arasında değişen ağırlık değerleri (AW_i) belirlenmiştir (Yüksel vd., 2021).

WQI'nin hesaplanması ve formülasyonu aşağıdaki adımları içermektedir:

1) İlk adımda, önceki farklı çalışmalardan alınan toplu uzman görüşlerine bağlı olarak insan sağlığına zararlı olan on ağır metal parametrenin her birine 1 ile 5 arasında değişen bir ağırlık (AW_i) değeri atanmıştır. Kullanılan referanslarla birlikte her bir parametrenin ağırlıkları için ortalama değerler Çizelge 6'da gösterilmiştir. Ancak, göreceli ağırlık olarak "1" en az anlamlı ve "5" en önemli değer olarak kabul edilmiştir.

2) İkinci adımda, bağıl ağırlık (RW) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$RW = \frac{AW_i}{\sum_{i=1}^n AW_i} \quad (1)$$

Üçüncü aşamada, ağır metal konsantrasyonlarının (C_i) DSÖ'nün (WHO, 2011) belirlediği içme suyu standart limit değeri olan S_i 'ye bölümdükten sonra 100 ile çarpılıp kalite derecesi, Q_i bulunmuştur (2).

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (2)$$

Su kalitesi indeksi (WQI) analizindeki son aşamada, rölatif ağırlık; RW ile kalite derecesi; Q_i çarpıldıktan sonra tüm metal değerleri için alt indeks; SI_i değerleri hesaplanmıştır (3). Sonuç olarak WQI değeri, SI_i değerlerinin tümünün toplanmasıyla hesaplanmıştır (4).

$$SI_i = RW \times Q_i \quad (3)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i \quad (4)$$

Hesaplanan WQI değerleri < 50 = Mükemmel; 50-100 = İyi; 100-200 = Zayıf; 200-300 = Çok zayıf; > 300 = Uygun değil olarak sınıflandırılmıştır (Ramakrishnaiah vd., 2009). WQI değerlerinin hesaplanmasında insan sağlığına olumsuz bir etki bulunmamasından dolayı "Fe ve Mn" parametreleri ve DSÖ (2011) tarafından verilen herhangi bir limit değeri bulunmadığından dolayı "B ve Cd" elementleri dahil edilmemiştir (WHO, 2011). WQI değerleri herbir kuyu için Çizelge 7'de belirtilmiştir. Çizelge 6'da çalışmada değerlendirilen metal parametrelerinin ağırlık değerleri (AW) ve bağıl ağırlık (RW) değerleri belirtilerek SI_i değerleri de DSÖ (2011) limitleri baz alınarak verilmiştir (WHO, 2011). AW değerleri ilgili literatürden (Abdul Hameed M Jawad vd., 2010; Ustaoglu, 2021; Yüksel vd., 2021) araştırılarak atanmıştır.

Çizelge 6. Çalışmada değerlendirilen metal parametrelerinin ağırlık değerleri (AW), bağıl ağırlık (RW) değerleri ve içme suları kategorisindeki standart değerleri (S_i)

Table 6. Weight (AW), relative weight (RW) and standard values at drinking water category (S_i) of the metal parameters

Ağır Metal Parametresi	AW	RW	S_i, H_{MAC}
Sb ($\mu\text{g/L}$)	4	0.095238	314
As ($\mu\text{g/L}$)	5	0.119048	315
Cu ($\mu\text{g/L}$)	2	0.047619	2000
Hg ($\mu\text{g/L}$)	5	0.119048	6
Cr ($\mu\text{g/L}$)	5	0.119048	50
Pb ($\mu\text{g/L}$)	5	0.119048	383
Ni ($\mu\text{g/L}$)	5	0.119048	396
Se ($\mu\text{g/L}$)	3	0.071429	413
B (mg/L)	3	0.071429	323
Cd ($\mu\text{g/L}$)	5	0.119048	327
Toplam (Total)	42	1	-

Çizelge 7. Su örneklerinin kuyu sıra No'larına göre WQI (Su Kalite İndeksi), HPI (Ağır Metal Kirliliği) ve HEI (Ağır Metal Değerlendirme İndeksi) değerleri

Table 7. WQI (Water Quality Index), HPI (Heavy Metal Pollution) and HEI (Heavy Metal Evaluation Index) values of the water samples according to the serial numbers of water wells

Kuyu sıra No'larına göre WQI (Su Kalite İndeksi), HPI (Ağır Metal Kirliliği) ve HEI (Ağır Metal Değerlendirme İndeksi) değerleri (WQI (Water Quality Index), HPI (Heavy Metal Pollution) and HEI (Heavy Metal Evaluation Index) values according to serial numbers of wells)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WQI	0.4586	0.2759	0.3136	0.3379	0.5207	1.9444	0.3495	0.5017	0.3394	0.3974
HPI	1.4418	1.3672	1.3727	1.3926	1.3651	2.6917	1.3838	1.4131	1.4294	1.4042
HEI	0.0388	0.0244	0.0289	0.0300	0.0227	0.1648	0.0321	0.0431	0.0295	0.0358

Çizelge 7’de belirtilen tüm kuyu sularına ait WQI (su kalite indeksi) değerleri < 50 olduğu için su kaliteleri DSÖ (2011) kriterlerine göre içme suyu olarak “mükemmel” seviyesinde tanımlanmıştır (WHO, 2011). Yine aynı çizelgede HPI (ağır metal kirliliği) değerleri < 100 olduğundan ağır metal

düzeyinin sağlık açısından olumsuz etkilere yol açmayacak düzeyde olduğu saptanmıştır. HEI (ağır metal değerlendirme indeksi) < 10 ve çok düşük düzeylerde olduğundan sonuçlar kayda değer bir kirliliğin olmadığını göstermiştir.

Çizelge 8. EPA (2018) kriterlerine göre içme suyu standartları ve sağlık tavsiyeleri
Table 8. Drinking water standards and health recommendations according to EPA (2018) criteria

Kimyasal (Chemicals)	Standartlar (Standards)				Sağlık Önerileri (health recommendations)				Kanser Tanımlayıcı (Cancer Descriptor)
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	10-kg Çocuk (Child)		RfD (mg/kg/gün)	DWEL (mg/L)	Yaşam- süresi (Life- time) (mg/L)	10 ⁻⁴ seviyesinde mg/L Kanser Riski (10 ⁻⁴ mg/L Cancer Risk)	
			1-gün (day) (mg/L)	10-gün (day) (mg/L)					
Sb	0.006	0.006	0.01	0.01	0.0004	0.01	0.006	-	D
As	0.00	0.01	-	-	0.0003	0.01	-	0.002	A
B	-	-	3	3	0.2	7	6	-	I
Cd	0.005	0.005	0.04	0.04	0.0005	0.02	0.005	-	D
Cu	1.3	AT ⁶	-	-	-	-	-	-	D
Pb	0.00	AT ⁶	-	-	-	-	-	-	B2
Mn	-	-	1	1	0.141	1.6	0.3	-	D
Hg	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0003	0.01	0.002	-	D
Ni	-	-	1	1	0.02	0.7	0.1	-	-
Se	0.05	0.05	-	-	0.005	0.2	0.05	-	D
Cr	0.1	0.1	1	1	0.0035	0.1	-	-	D
Fe	Final	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Al	Final	0.05-0.2	-	-	-	-	-	-	-

MCLG: Maksimum Kirletici Seviye Hedefi. Kişilerin sağlığı üzerinde bilinen veya beklenen hiçbir olumsuz etkinin meydana gelmesinin beklenmediği ve yeterli bir güvenlik payına izin veren bir düzeyde belirlenen, uygulanamaz bir sağlık kıyaslama hedefi. (Maximum Contaminant Level Goal. A non-enforceable health benchmark goal which is set at a level at which no known or anticipated adverse effect on the health of persons is expected to occur and which allows an adequate margin of safety.); MCL: Maksimum Kirletici Seviyesi. İçme suyunda izin verilen en yüksek kirletici seviyesi. MCL’ler, mevcut en iyi analitik ve arıtma teknolojileri kullanılarak ve maliyet dikkate alınarak, MCLG’ye mümkün olduğu kadar yakın ayarlanır. MCL’ler uygulanabilir standartlardır. (Maximum Contaminant Level. The highest level of a contaminant that is allowed in drinking water. MCLs are set as close to the MCLG as feasible using the best available analytical and treatment technologies and taking cost into consideration. MCLs are enforceable standards.); RfD: Referans Doz. İnsan popülasyonuna (hassas alt gruplar dahil) günlük oral maruziyetin bir tahmini (belki de bir büyüklük sırasımı kapsayan belirsizlikle birlikte), bir ömür boyunca kayda değer bir zararlı etki riski olmadan olması muhtemeldir. (Reference Dose. An estimate (with uncertainty spanning perhaps an order of magnitude) of a daily oral exposure to the human population (including sensitive subgroups) that is likely to be without an appreciable risk of deleterious effects during a lifetime.); DWEL: İçme Suyu Eşdeğer Seviyesi (Drinking Water Equivalent Level); A İnsan kanserojen (Human carcinogen); B2 Hayvanlarda yeterli kanıt ve insanlarda yetersiz veya hiç kanıt olmadığını gösterir. (indicates sufficient evidence in animals and inadequate or no evidence in humans.); D İnsan kanserojenliğine göre sınıflandırılmaz. (Not classifiable as to human carcinogenicity.); I Kanserojen potansiyeli değerlendirmek için yetersiz bilgi (Insufficient information to assess carcinogenic potential); AT Arıtma Teknolojisi (Treatment Technology); ⁶ Bakır etki seviyesi (the effect level of copper) 1,3 mg/L; kurşun etki seviyesi (the effect level of lead) 0.015 mg/L

Çizelge 8'de EPA (2018) kriterlerine göre içme suyu standartları ve sağlık tavsiyeleri belirtilmiştir (EPA, 2018). Çizelge 8'e göre yalnızca arsenik elementi insan kanserojenliğine (Kanser Tanımlayıcı Kod: A) göre 10-4 seviyesinde mg/L olarak 0.002 kanser riski değerine sahiptir. MCL (Maksimum Kirletici Seviyesi) (mg/L) değeri: 0.01 ve RfD (Referans Doz) (mg/kg/gün) değeri: 0.0003'tür. Diğer elementler insan ve hayvanda kanser riskine göre sınıflandırılmamaktadır. Bununla birlikte, tüm kuyulara ait suların MCL değerleri 0.01 mg/L'nin altındadır ve bu sular arıtmaya tabi tutularak (paket içme suyu arıtma tesisi) standart limit değerlere uygun olarak dağıtılmakta olup insan ve hayvan için kanserojen riske sahip değildir.

SONUÇ

Bursa ili kırsal bölgelerinin 10 adet farklı noktalarından toplanan numunelerle yapılan bu çalışma sonuçlarına göre içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının ortalama ağır metal seviyeleri $\mu\text{g/L}$ cinsinden; Cu (183.40) > Fe (86.29) > Al (55.75) > Mn (20.2) > Cr (7.33) > Cd (5) > Ni (2.54) > As (2.23) > Se (1.99) > Pb (1.55) > Hg (1) > Sb (0.70) > B (0.0002) olarak hesaplanmıştır. Sonuçların tamamı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları (TS 266) tarafından önerilen içme suyu limit değerlerini aşmamıştır. Tüm kuyu sularına ait WQI (su kalite indeksi) değerleri <50 olduğu için su kaliteleri DSÖ (2011) kriterlerine göre su örnekleri içme suyu olarak "mükemmel" seviyede tanımlanmıştır. HPI (ağır metal kirliliği) değerleri <100 olduğundan ağır metal düzeyinin sağlık açısından olumsuz etkilere yol açmadığını göstermiştir. HEI (ağır metal değerlendirme indeksi) <10 ve çok düşük değerlerde olduğundan dolayı sonuçlar kayda değer bir kirliliğin olmadığını göstermiştir. Ayrıca EPA (2018) kriterlerine göre çalışmada incelenen su numunelerinin ağır metal seviyeleri insan ve hayvanda kanserojen bir risk unsuru oluşturmadığını göstermiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar makalenin herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması ve yazarlar arasında çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

YAZARLARIN KATKISI

Yazarlar AK, SK ve ÖÜÇ, araştırma faaliyetlerinin planlanma aşaması, uygulanması ve yürütülmesi ve sonuç verilerin değerlendirilerek makalenin yazımında görev almışlardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FHIZ-2021-406 No'lu proje ile ve Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı'na bağlı İçme Suyu Laboratuvarı tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Abdul Hameed M Jawad, A., Haider S, A., Bahram K, M. (2010). Application of water quality index for assessment of Dokan lake ecosystem, Kurdistan region, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, 2010.

Araujo, R. S., da Gloria Alves, M., de Melo, M. T. C., Chrispim, Z. M., Mendes, M. P., Júnior, G. C. S. (2015). Water resource management: A comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal. *Science of the Total Environment*, 511: 815-828.

BÇDR (2017). Bursa İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Bursa Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Bursa.

BÇDR (2019). Bursa İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu. Retrieved from https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/bursa_2018_cdr_son-20190726135329.pdf, Bursa.

Benzer, S. (2017). Concentrations of arsenic and boron in water, sediment and the tissues of fish in Emet stream (Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98(6): 805-810.

Córcoles, J., De Juan, J., Ortega, J., Tarjuelo, J., Moreno, M. (2010). Management evaluation of Water Users Associations using benchmarking techniques. *Agricultural Water Management*, 98(1): 1-11.

Çevre, T. (2017). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu. Retrieved from <https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-sorunlari-ve-oncelikleri-raporu-i-82679>.

- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Mestik, D. T., Karabayırlı, G., Sevil, A., Koşucu, T., Akay, E. (2020). Mustafakemalpaşa Çayı'nın (Bursa) su kalitesinin faktör analizi kullanılarak değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 16(1): 124-137.
- DSİ (2018). Toprak ve Su Kaynakları. Bursa.
- Edet, A., Offiong, O. (2002). Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria). *GeoJournal*, 57(4): 295-304.
- EPA (1994a). Determination of Trace Elements In Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Environmental Monitoring Systems Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency, CINCINNATI, OHIO 45268.
- EPA (1994b). Inductively coupled plasma mass spectrometry, SW-846 Method 6020. Environmental Monitoring Systems Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency, CINCINNATI, OHIO 45268.
- EPA (2018). 2018 Edition of the drinking water standards and health advisories tables. USEPA Office of Water.
- Gao, H., Wei, T., Lou, I., Yang, Z., Shen, Z., Li, Y. (2014). Water saving effect on integrated water resource management. *Resources, Conservation and Recycling*, 93: 50-58.
- Herojeet, R., Rishi, M. S., Kishore, N. (2015). Integrated approach of heavy metal pollution indices and complexity quantification using chemometric models in the Sirsa Basin, Nalagarh valley, Himachal Pradesh, India. *Chinese Journal of Geochemistry*, 34(4): 620-633.
- HSKY (2016). Hassas su kütleleri ile bu kütleleri etkileyen alanların belirlenmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi hakkında yönetmelik.
- Hu, X. J., Xiong, Y. C., Li, Y. J., Wang, J. X., Li, F. M., Wang, H. Y., Li, L. L. (2014). Integrated water resources management and water users' associations in the arid region of northwest China: A case study of farmers' perceptions. *Journal of Environmental Management*, 145: 162-169.
- IQS (2001). Drinking-Water Standard. 417, Central Organization for Quality Control and Standardization, Council of Ministers, Republic of Iraq.
- İTAS (2016). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Sağlık Bakanlığı (Türkiye Halk Sağlığı Kurumu), Ankara, Türkiye.
- Kolokytha, E., Mylopoulos, Y., Mentis, A. (2002). Evaluating demand management aspects of urban water policy-A field survey in the city of Thessaloniki, Greece. *Urban Water*, 4(4): 391-400.
- Meriç, B. T. (2004). Su kaynakları yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28(1): 27-38.
- Mohan, S. V., Nithila, P., Reddy, S. J. (1996). Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index. *Journal of Environmental Science & Health Part A*, 31(2): 283-289.
- Petroulias, N., Foufeas, D., Bougoulia, E. (2016). Estimating water losses and assessing network management intervention scenarios: the case study of the water utility of the city of Drama in Greece. *Procedia Engineering*, 162: 559-567.
- Ramakrishnaiah, C., Sadashivaiah, C., Ranganna, G. (2009). Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. *E-Journal of Chemistry*, 6(2): 523-530.
- Rygaard, M., Godskesen, B., Jørgensen, C., Hoffmann, B. (2014). Holistic assessment of a secondary water supply for a new development in Copenhagen, Denmark. *Science of The Total Environment*, 497: 430-439.
- Saleh, H. N., Panahande, M., Yousefi, M., Asghari, F. B., Conti, G. O., Talae, E., Mohammadi, A. A. (2019). Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of heavy metals in groundwater wells in Neyshabur Plain, Iran. *Biological Trace Element Research*, 190(1): 251-261.
- Selçuk, H., Velioğlu, Y., Baloğlu, Z. (2019). Ozonlama ve Filtrasyon İşleminin Suların Demir

- ve Mangan İçeriğine Etkisi. *GIDA*, 44(6): 1210-1221.
- SKKY (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Solak, S., Yalılı Kılıç, M. Akal Solmaz, S. K. (2019). Bursa İlinde Sürdürülebilir Kentsel Su Yönetimi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(1): 111-124. doi: 10.17482/uumfd.463302.
- Solmaz, S. K., Yalılı Kılıç, M., Üstün, G.E. (2011). Bursa İli Su Kaynaklarının Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi 1.Kıyı Bölgelerinde Çevre Kirliliği ve Kontrolü. Tekirdağ.
- Teksoy, A., Nalbur, B. E., Akal Sönmez, S. (2017). Assessment of Water and Waste Water Potential of Bursa City. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(1): 115-123.
- Tokatli, C. (2017). Bioecological and statistical risk assessment of toxic metals in sediments of a worldwide important wetland: Gala Lake National Park (Turkey). *Archives of Environmental Protection*, 43(1).
- Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., Dayıoğlu, H. (2016). Ecosystem quality assessment of an aquatic habitat in a globally important boron reserve: Emet Stream Basin (Turkey). *International Journal of Environment and Pollution*, 59(2-4): 116-141.
- TSE (1997). Türk Standartları Enstitüsü, Su Kalitesi Numune Alma Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları. TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997.
- TÜİK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara, Türkiye.
- Ustaoglu, F. (2021). Ecotoxicological risk assessment and source identification of heavy metals in the surface sediments of Çömlekci stream, Giresun, Turkey. *Environmental Forensics*, 22(1-2): 130-142.
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., Aydın, H., Akbaş, A. (2017). Investigation of water quality and pollution level of lower Melet River, Ordu, Turkey. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 32(1): 69-79.
- Van der Hoek, J. P., de Fooij, H., Struiker, A. (2016). Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, 113: 53-64.
- WHO (2011). Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, World Health Organization, Geneva 27, Switzerland.
- Yalılı Kılıç, M., Akal Solmaz, S.K. (2016). Su Kaynakları Yönetiminde Sürdürülebilirlik: Bursa İli Örneği. Malatya.
- Yalılı Kılıç M., A. S., S.K., Çiner, F. (2013). Kentsel Su Yönetiminde Su Kullanıcısının Önemi. Bursa.
- Yalılı, M., Solmaz, S. K. A., Kestioğlu, K. (2006). Bursa su kaynakları potansiyeli ve kullanıcı faktörü. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 11(2).
- Yüksel, B., Arica, E. (2018). Assessment of toxic, essential, and other metal levels by ICP-MS in Lake Eymir and Mogan in Ankara, Turkey: an environmental application. *Atomic Spectroscopy*, 39(5): 179-184.
- Yüksel, B., Ustaoglu, F., Arica, E. (2021). Impacts of a garbage disposal facility on the water quality of çavuşlu stream in Giresun, Turkey: a health risk assessment study by a validated ICP-MS assay. *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(4): 181-192.



**COMPARISON OF POLLEN MORPHOLOGIES EXAMINATION OF SOME
Rhododendron SPECIES - PLANT SOURCE OF MAD HONEY**

Aslı Özkök^{1,2}, Nazlı Mayda³, Nesrin Ecem Bayram^{4,*}

¹Department of Biology, Faculty of Sciences, Hacettepe University, Ankara, Turkey

²Hacettepe University, Bee and Bee Products Application and Research Center, Ankara, Turkey

³Department of Pharmaceutical Botany, Pharmacy Faculty, Trakya University, Edirne, Turkey

⁴Department of Food Processing, Aydıntepe Vocational College, Bayburt University, Bayburt, Turkey

Received / Geliş: 03.12.2021; Accepted / Kabul: 27.01.2022; Published online / Online baskı: 05.03.2022

Özkök, A., Mayda, N., Ecem-Bayram, N. (2022). Comparison of pollen morphologies examination of some *Rhododendron* species - plant source of mad honey. *GIDA* (2022) 47 (2) 212-219 doi: 10.15237/gida.GD21147.

Özkök, A., Mayda, N., Ecem-Bayram, N. (2022). Deli bal'ın kaynağı olan *Rhododendron* türlerinin polen morfolojilerinin karşılaştırılması. *GIDA* (2022) 47 (2) 212-219 doi: 10.15237/gida.GD21147.

ABSTRACT

Honey is one of the important natural products used for apitherapeutic purposes as well as food consumption. The authenticity of the products to be used for apitherapy is very important. Botanical origin is one of the most critical factors affecting the characterization of bee products, especially honey. Therefore, melissopalynological analysis is essential in honey samples. In this study, the pollen morphologies of four different *Rhododendron* taxa, the origin of the monofloral "Mad honey" used for apitherapeutic purposes in Turkey, were examined. Five different measurement parameters have been used to investigate the pollen morphology of the plants. As a result, it can be said that pollen morphology has an important place in confirming the botanical origin of "Mad honey".

Keywords: Palynology, pollen morphology, *Rhododendron* spp., mad honey.

**DELI BAL'IN KAYNAĞI OLAN *Rhododendron* TÜRLERİNİN POLEN
MORFOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

ÖZ

Bal, gıda olarak tüketiminin yanı sıra apiterapik amaçlarla da kullanılan önemli doğal ürünlerden birisidir. Apiterapide kullanılacak ürünlerin orijinallığı çok önemlidir. Botanik köken, başta bal olmak üzere arı ürünlerinin karakterizasyonunu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu noktada melissopalınolojik analizlerin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de apiterapik amaçlı kullanılan monofloral "Deli bal"a kaynaklık eden dört farklı *Rhododendron* taksonunun polen morfolojisi incelenmiştir. Bitkilerin polen morfolojisinin araştırılmasında beş farklı ölçüm parametresi kullanılmıştır. Sonuç olarak, "Deli bal"ın botanik kökeninin doğrulanmasında polen morfolojisinin önemli bir yeri olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Palinoloji, polen morfolojisi, *Rhododendron* spp., deli bal.

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: ecem.nesrin@gmail.com

☎: (+90) 458 333 4426

☎: (+90) 458 333 4466

Aslı Özkök; ORCID no: 0000-0002-7336-2892

Nazlı Mayda; ORCID no: 0000-0002-7289-5830

Nesrin Ecem Bayram; ORCID no: 0000-0002-5496-8194

INTRODUCTION

Ericaceae is the 8th largest family of Angiosperms. It is represented by about eight subfamilies, 125 genera and 4100 species in the world. *Rhododendron* L., one of the largest genus of this family, contains more than 1000 taxa in the world. More than 850 species are distributed in the Northern Hemisphere and can be found from sea level to 5000 m altitude (Chamberlain et al., 1996; Fang et al., 2005). *Rhododendron* taxa are mostly evergreen, rarely deciduous shrubs, semi-shrubs, trees, or sometimes climbing plants. The leaves are alternate, rarely opposite or circular, simple and without stipules. The leaves of plants that adapt to arid environments are reduced (Terzioğlu et al., 2001; Yıldız and Aktoklu, 2010). The inflorescence is usually terminal. The flowers are zygomorphic. Sepals free or united. The corolla is funnel-shaped. Anthers are connected externally and open by cleavage. The ovary has five loci, nectar is prominent. Stigma capitate. Fruit septicidal capsule. Seeds are winged, testa cells are thin-walled (Stevens, 1978). *Rhododendron* genus is divided into 8 subgenus according to their morphological features; *Rhododendron* L., subgenus *Hymenanthes* (Blume) K.Koch, subgenus *Pentanthera* (G.Don), subgenus *Tsutsusi* (Sweet) Pojarkova, subgenus *Azaleastrum* (Planch), subgenus *Candidastrum* (Franch), subgenus *Mumeazalea* (Sleumer) Philipson & Philipson, subgenus *Therorhodion* (Maxim.) A. Gray (Cox and Cox, 1997). However, in the latest studies, all Turkish *Rhododendron* plants consist of 5 species and 12 taxa, four of which are hybrids (Anşın and Terzioğlu, 1994; Milne et al., 1999; Terzioğlu et al., 2001). These are *R. luteum* Sweet, *R. ungerianum* Trautv., *R. smirnovii* Trautv., *R. caucasicum* Pallas, *R. ponticum* L. subsp. *ponticum* var. *ponticum*, *R. ponticum* L. subsp. *ponticum* var. *heterophyllum* Anşın, *R. ponticum* L. subsp. *ponticum* forma *album* (Sweet) Zab., *Rhododendron ponticum* L. subsp. *baeticum* (Boiss. & Reut.) Hand.-Mazz. (suspicious record (Davis, 1978)), *Rhododendron × sochadzeae* Charadze & Davlianidze, *Rhododendron × rosifaciens* R. Milne, *Rhododendron × davisianum* R. Milne, *Rhododendron × filidactylis* R. Milne. All Turkish taxa except for *R. luteum* are evergreen shrubs and generally distributed in the North, especially in the Eastern Black Sea from low montane forests to alpine

regions more than 3000 m high (Davis, 1978; Terzioğlu et al., 2001; Avcı, 2004). *Rhododendron* species have an important place in honey production because they have a long flowering period, carry abundant flowers and have nectar (Çeter and Güney, 2011). Two members of this genus, contain *R. ponticum* and *R. luteum* are well known for being poisonous due to andromedotoxin component of the flower (Taşdemir et al., 2003). These species, particularly *R. ponticum*, are common folk medicines and are widely used as an analgesic to treat rheumatic or dental pain, common colds and edema in the eastern Black Sea Region of Turkey (Baytop, 1999). Also, the honey made up from these nectar plants, locally known as “mad honey” (deli bal in Turkish), has hypotensive properties and causes intoxications in humans (Onat et al., 1991; Sütlüoğlu et al., 1993; Baytop, 1999). Because of this characteristic of mad honey, the determination of the origin of toxic and non-toxic species in honey can provide an important tool in separating and packaging honey and preventing unwanted threats to human health. The pollen morphology of *Rhododendron* species is generally well studied (Yang et al., 2003; Wang et al., 2006; Zhang et al., 2009); however, there is limited information regarding the species from North-East Turkey. Milne et al. (1999) investigated the hybridization between sympatric *Rhododendron* species distributed in Turkey at both the morphological and molecular levels. These researchers reported that it is not a coincidence that *Rhododendron* species are concentrated in the Eastern Black Sea region, where precipitation and temperature values differ in terms of climatic conditions. Morphological and molecular studies have revealed that ecological characteristics are essential in natural hybridization among *Rhododendron* species. Yan et al. (2014) conducted studies on biodiversity and endemism with a DNA barcoding system in the Himalaya-Hengduan mountains, which is the richest region in terms of plant diversity in China. It has been reported that there are difficulties in classifying the *Rhododendron* genus in this area because of its great diversity. For this reason, as predicted in this study, it is thought that the data presented for the classification of these plants that contribute to

honey are important. Therefore, in this study, we examined the interspecific variation of the pollen type of four Turkish species, which are flowering at the same time in the Ayder Plateau as one of the important beekeeping centers in North East Turkey.

MATERIAL AND METHODS

Plant samples (*R. luteum* (zifin in Turkish), *R. ponticum* (kumar in Turkish), *R. ungerii* (beyaz kumar in Turkish), *R. caucasicum* (dağ kumara in Turkish) were collected from the high plateaus (1800-3000 m) of Rize, Turkey on May 2017. Voucher specimens were deposited at the Herbarium of the Faculty of Science, Hacettepe University in Ankara.

Measurements of the pollen grains were taken on 50 pollen grains per species by a lens (X40) (Generally, pollen measurement is made by X100 object-lens. But in this study, we made it X40 because *Rhododendron* pollens are bigger). After

that, pollen slides were prepared by Wodehose (1965) method from the plant anther. The plant anthers were crushed with a dissection needle on a slide and wet with ethanol (70%). After the ethanol evaporated, about 1 mm³ basic fuchsin glycerin-gelatine matrix was added to it. That slide was put on a hot plate when gelatin melted and coverslip closed. Pollen slides were left to dry upside down for one night. Pollen tetrads were examined, and measurements were made under the light microscope Nikon Eclipse E400 and photographed with an XCAM Family 1080P HDMI camera. Minimum 30 pollen grains were examined (three times) for morphological investigation. Five parameters were investigated under LM. Those parameters; total length of pollen tetrads (MI), width of a pollen in tetrad (lt), height of a pollen in tetrad (lg), semi-length of colpus on a pollen tetrad (f), one side of triangle polar on a pollen in tetrad (pt). That parameters are shown in Figure 1.

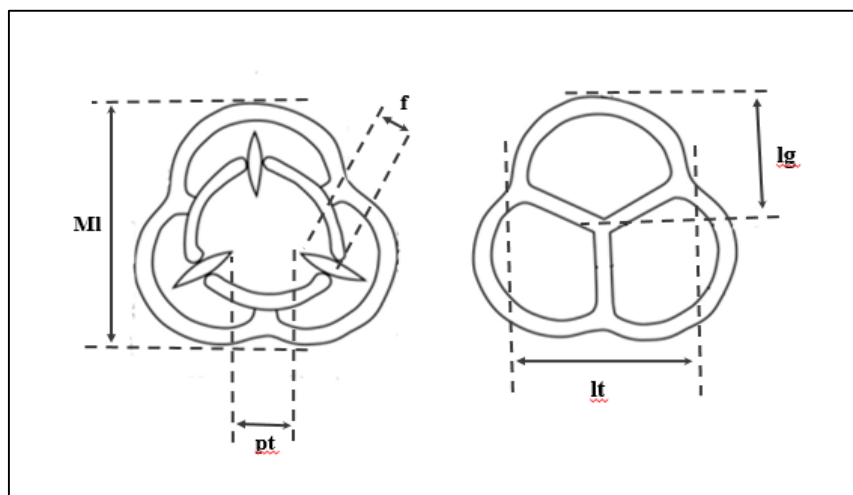


Figure 1. Pollen chart showing measurement values (modified from Sawara 2007)

RESULT AND DISCUSSION

Some members of the *Rhododendron* genus are a high source of nectar and pollen, so some species are visited by insects, especially honey bees (Sorkun, 2008; Kurtoğlu et al., 2014). However, the toxic compounds contained in the plant can mix with bee products. It is known that some side effects (poisoning, vomiting, dizziness, hallucinations and even death) occur in the living

body due to consuming honey that contains these toxic compounds and is called mad honey (Koca and Koca, 2007). At this point, although the determination of the presence of these compounds in plant nectar by performing chemical analysis in honey seems to be an option, it is not a common and useful method. Unfortunately, research on this is scarce, and detecting these toxic compounds in honey is

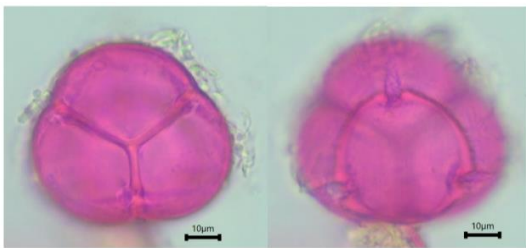
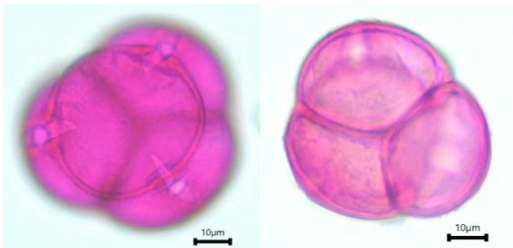

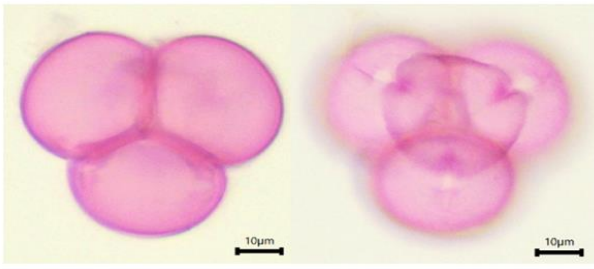
difficult. However, melissopalynological studies are a faster and more common method used to diagnose pollen species belonging to this genus and determine their density in honey. In order to understand whether a honey type is monofloral *Rhododendron* honey, the presence of *Rhododendron* spp. in honey should be determined by pollen analysis (Mayda et al., 2018; Özkök et al., 2018; Ecem Bayram et al., 2020). Therefore, morphological examination of *Rhododendron* spp. pollen is important in terms of contributing to systematic studies as well as determining the

species containing toxic compounds and the presence of these species in honey. In some parts of eastern Black Sea particularly forest and alpine transition zone (such as Ayder plateau) toxic and nontoxic species of the genus are found together in mixed communities (Figure 2, A ve B). In this study, we investigated 4 different species containing *R. luteum*, *R. ponticum*, *R. ungerii*, *R. caucasicum* (Figure 2, C-F). Pollen photographs and the results of measurements are shown detailed in Table 1.



Figure 2. A-B: mixed *Rhododendron* population in Ayder plateau; C: *R. caucasicum*; D: *R. luteum*; E: *R. ponticum*; F: *R. ungerii*.

Table 1. Pollen photographs and results of measurements

Botanical origin of pollen grains	Microscopic photographs of <i>Rhododendron</i> spp. pollen	Measurement and morphological features				
		MI	Lg	Lt	Pt	f
<i>Rhododendron caucasicum</i>		53.06±3.46 µm	29.9±2.51 µm	41.6±2.96	22.3±1.84 µm	8.5±1.73 µm
<i>Rhododendron lateum</i>		48.26±3.17 µm	26.06±1.28 µm	37.5±2.68 µm	22.23±1.68 µm	7.36±1.44 µm
<i>Rhododendron ponticum</i>		50.69±2.05 µm	26.65±9.35 µm	39.20±1.99 µm	25.87±2.21 µm	7.2±1.09 µm
<i>Rhododendron ungerii</i>		48.33±2.44 µm	26.4±1.41 µm	37.16±2.11 µm	20.3±2.24 µm	7.16±1.00 µm

Pollens belonging to the family can be easily separated from other monad pollens by their tetrahedral tetrad structures. The pollen morphology of *Rhododendron* has been described in many reports (Terzioğlu et al., 2001, Silici et al., 2010; Sarwar and Takahashi, 2013; Ecem Bayram, 2021). Terzioğlu et al., (2001) stated that to make

the definitive diagnosis of rhododendrons, wood anatomy and palynological features should be determined as well as their morphological features. Similar to our study, morphological measurement of purple-pink flower *R. ponticum* pollens was also made in their study. The same researchers showed that specimens of *R. ponticum*

with different colors have significant differences in terms of some morphological features (M+, lt, lg, clt and plg). As opposed to the findings of our study, Terzioğlu et al. (2001) found the values of M+, Lg, Lt, Pt, and F to be 56.02, 30.24, 30.24, 28.85, 10.27, respectively, higher than our results.

It was observed that different researchers used different measurement parameters in the measurements of *Rhododendron* pollen. Sarwar and Takahashi (2013) have been reported that 9 measurement parameters are important in the pollen morphology of the *Rhododendron* genus. Those; tetrad diameter (D), polar length (P) and equatorial diameter (d in tetrad or E in monad) of pollen, length (2f in tetrad or L in monad) and width (W) of ectoaperture, length and width of endoaperture, apocolpial and septal exine thickness. Another study that parameters indicated as total length of pollen tetrads (M), width of a pollen in tetrad (lt), height of a pollen in tetrad (lg), semi-length of colpus on a pollen tetrad (f), colpus width (clg), porus length (plg), porus width (plt), one side of triangle polar on a pollen in tetrad (pt), exine thickness (Ex). Sarwar and Sarwar and Takahashi (2013) examined the pollen morphology of 34 *Rhododendron* taxa using a light microscope and scanning electron microscope. Pollen grains are 3-colporate, oblate to suboblate and pollen grains are arranged in tetrahedral tetrads. The apocolpial pollen wall is composed of the exine - well developed tectum, columellae, foot layer and endexine, and the intine. The size of *Rhododendron* pollen tetrads varies widely between 30.9 µm and 67.1 µm (Sarwar and Takahashi 2013). Although the study does not cover the species examined in this study, it is suitable in terms of these features.

As a result, in this study, the pollen morphologies of *Rhododendron* species, a potential source of honey obtained in the Eastern Black Sea Region of Turkey, have been examined and the differences have been revealed. Studies conducted in this way are of particular importance in identifying *Rhododendron* spp. pollen found in different honey types and accurately labelling different honey types. For example, pollen and nectar flow periods of chestnut and

rhododendron plants may coincide, and it is seen that the pollen of *Rhododendron* spp. plant gets mixed in the chestnut honey especially in the Black Sea region. In many studies in the literature, it has been reported that honey samples sold as chestnut honey also contain pollens of *Rhododendron* spp. For this reason, honey types that are suspected to contain *Rhododendron* spp. pollen should be put on the market after the necessary palynological analyses are carried out and their concentrations in honey are identified. In addition, this study is an important research that can be a source for the determination of Ericaceae taxa containing grayanotoxin. At this point, the morphological examination of *Rhododendron* pollens carried out in this study will contribute to future research.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest

ETHICAL STATEMENT

The authors state that no ethical approval was needed.

AUTHORS CONTRIBUTIONS

NM and AÖ performed the analyses; NEB, NM and AÖ contributed to the design and interpretation of the research and to the writing of the paper. All authors read and approved the manuscript.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank Golshan Zare for her contributions in the identification of the plants used in the study.

REFERENCES

- Anflin, R., Terzioğlu, S. (1994). A new variety of *Rhododendron ponticum* L. *Tur J Agric For*, (18): 137-140.
- Avcı, M. (2004). Ormangülleri (*Rhododendron* L.) ve Türkiye'deki doğal yayılışları, *J Geog*, (12): 13-29. ISSN No: 1302-7212.
- Baytop T. (1999). Türkiye'de bitkiler ile tedavi, gecmiste ve bugün (Therapy with medicinal plants in Turkey, past and present), 2nd ed. Nobel Tıp Basımevi, İstanbul, Turkey, s. 275.

- Çeter, T., Güney, K. (2011). Orman gülü ve deli bal. *U. Bee J.*, 11(4): 124-129.
- Chamberlain, D., Hyam, R., Argent, G., Fairweather, G., Walter, K.S. (1996). The genus *Rhododendron*: its classification and synonymy. Royal Botanic Garden Edinburgh, 181 p.
- Cox, P. A., & Cox, K. N. (1997). The encyclopedia of *Rhododendron* species. Perth: Glendoick, Australia.
- Davis, P.H. (1978). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. *Rhododendron* L. (ed. P.F. Stevens), Edinburgh, (6): 90-94.
- Ecem Bayram, N., Canli, D., Gercek, Y. C., Bayram, S., Celik, S., Güzel, F., Mogil, H., Oz, G. C. (2020). Macronutrient and micronutrient levels and phenolic compound characteristics of monofloral honey samples. *J. Food Nutr. Res.*, 59: 311-322
- Ecem Bayram, N. (2021). Vitamin, mineral, polyphenol, amino acid profile of bee pollen from *Rhododendron ponticum* (source of “mad honey”): nutritional and palynological approach. *J Food Meas Charact*, 15(3): 2659-2666.
- Fang, M.Y., Fang, R.C., He, M.Y., Hu, L.C., Yang, H.P. & Chamberlain, D.F. (2005) *Rhododendron*. In: Zhengyi, W., Raven, P.H., Deyuan, H. (eds.) *Flora of China* 14. Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. pp. 260–455.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T. (2012) Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. Flora Dizisi 1, İstanbul.
- Koca, I., Koca, A.F. (2007). Poisoning by mad honey: a brief review. *Food Chem Toxicol*, 45(8): 1315-1318, doi: 10.1016/j.fct.2007.04.006.
- Kurtoğlu, A.B., Yavuz, R., Evrendilek, G.A. (2014). Characterisation and fate of grayanotoxins in mad honey produced from *Rhododendron ponticum* nectar. *Food Chem*, 161: 47-52, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.127.
- Mayda, N., Özkök, A., Sorkun, K. (2018). Some characteristic properties of chestnut and rhododendron honeys in Turkey. *HJBC*, 46(1): 135-145, Doi: 10.15671/HJBC.2018.223
- Milne, R.I., Abbott, R.J., Wolff, K., Chamberlain, D.F. (1999). Hybridization among sympatric species of *Rhododendron* (Ericaceae) in Turkey: morphological and molecular evidence. *Am J Bot*, 86(12): 1776-1785, doi: 10.2307/2656674.
- Onat F.Y., Yegen B.C., Lawrence R., Oktay A., Oktay S. (1991), Mad honey poisoning in man and rat. *Rev Environ Health*, 9: 3-9, doi: 10.1515/REVEH.1991.9.1.3.
- Özkök, A., Özenirler, Ç., Canli, D., Mayda, N., Sorkun, K. (2018). Monofloral Features of Turkish Honeys According to Mellissopalynologic, Total Phenolic Acid and Total Flavonoid Content. *Gazi Univ J Sci*, 31(3). 713-723.
- Sarwar, A.G., Takahashi, H. (2013). "Pollen morphology of *Rhododendron* L. and related genera and its taxonomic significance." *BJPT*, 20(2): 185-199, doi: 10.3329/bjpt.v20i2.17393
- Sawara, A. K. M. (2007). Pollen morphology and its systematic significance in the Ericaceae. PhD Thesis.
- Sorkun, K. (2008). Türkiye'nin nektarlı bitkileri, polenleri ve balları. Palme Yayıncılık, p. 248.
- Stevens, P. F. 1978. *Rhododendron* L. In P. Davis, [ed.], *Flora of Turkey* 6 Edinburgh University Press, Edinburgh, pp 90-94.
- Sütlüoğlu, N., Mat, A., Satganoglu, Y. (1993). Poisoning by toxic honey in Turkey. *Arch Toxicol*, 67(2): 148-150.
- Taşdemir, D., Demirci, B., Demirci, F., Dönmez, A., Başer, K.H.C., Ruedi, P. (2003). Analysis of the volatile components of five Turkish *Rhododendron* species by headspace solid-phase microextraction and GC-MS (HS-SPME-GC-MS). *Z Naturforsch Sect C J Biosci*, 58(11-12): 797-803, doi: 10.1515/znc-2003-11-1208.
- Terzioğlu, S., Meray, N., Anşin, R. (2001). A Study on Turkish *Rhododendron* L. (Ericaceae), *Türk J Agric For*, 25: 311-317.

Wang, Y.G., Li, G.Z., Ou, Z.L. (2006). Pollen morphology of *Rhododendron* and its taxonomic implication. *Guibaia*, 26: 113-119.

Wodehouse R.P. (1965). Pollen Grain. Hamer Press, New York.

Yıldız, B., Aktoklu, E. (2010). Bitki Sistematığı: İlkın Karasal Bitkilerden Bir Çeneklilere. Palme Yayıncılık, Ankara, pp. 247-249.

Zhang, Y. J., Jin, X. F., Ding, B. Y., Zhu, J. P. (2009). Pollen morphology of *Rhododendron* subgen. Tsutsusi and its systematic implications. *J Syst Evol*, 47(2): 123-138.



THE EFFECT OF DIFFERENT MALT FLOURS ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH

M. Murat Karaoğlu^{1*}, Gül Seda Reis¹, K. Emre Gerçekaslan²

¹Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Turkey

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering, Nevşehir, Turkey

Received / Geliş: 09.09.2021; Accepted / Kabul: 30.11.2021; Published online / Online baskı: 07.03.2022

Karaoğlu, M. M., Reis, G. S., Gerçekaslan, K. E. (2022). The effect of different malt flours on rheological properties of dough. *GIDA* (2022) 47 (2) 220-230 doi: 10.15237/gida.GD21123.

Karaoğlu, M. M., Reis, G. S., Gerçekaslan, K. E. (2022). Farklı malt unlarının hamurun reolojik özellikleri üzerine etkisi. *GIDA* (2022) 47 (2) 220-230 doi: 10.15237/gida.GD21123.

ABSTRACT

The present work explored the effect of malt flours obtained from different grains (wheat, barley, rye, triticale, millet, maize, rice, oat) on rheology, fermentation and pasting properties of wheat dough. Malt flour and commercial enzyme added to bread flour decreased peak viscosity and peak temperature values measured in Amylograph. Wheat, rye and oat malt flours provided the best result, respectively, in terms of farinogram properties of flour samples such as water absorption, development time, dough stability, degree of softening and mixing tolerance index. In general, the addition of malt flour increased the extensibility of the dough, while lowering the dough resistance and dough energy. Oats, rice and corn malt positively affected the fermentation properties of the dough such as gas holding power, maximum dough height and gas escape point. It is possible to say that wheat malt gave the best results in terms of pressure, extensibility and energy values obtained by dough inflation analysis. When all the data obtained from the study were taken into consideration, it was seen that the use of malt flour as the enzyme source gave better results compared to the commercial enzyme in terms of dough rheological properties. It has been concluded that wheat malt gives the best results in terms of all dough properties.

Keywords: Malt flour, dough rheology, D/R dough inflation system, fermentation properties

FARKLI MALT UNLARININ HAMURUN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışmada, farklı tahıllardan (buğday, arpa, çavdar, tritikale, darı, mısır, pirinç, yulaf) elde edilen malt unlarının hamurun reolojik, fermantasyon ve çirilenme özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ekmeklik una eklenen malt unu ve ticari enzim, Amilograf cihazında ölçülen pik viskozite ve sıcaklık değerlerini düşürmüştür. Un örneklerinin su absorpsiyon, gelişme süresi, hamur stabilitesi, yumuşama derecesi ve yoğurma tolerans indeksi gibi farinogram özellikleri açısından sırasıyla buğday, çavdar ve yulaf maltı en iyi sonucu vermiştir. Genel olarak, malt unu ilavesi hamurun uzayabilirliğini artırırken, hamur direncini ve hamur enerjisini düşürmüştür. Yulaf, pirinç ve mısır

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: mmurat@atauni.edu.tr

☎: (+90) 442 231 2492

☎: (+90) 442 231 5878

M. Murat Karaoğlu; ORCID no: 0000-0002-9919-8824

Gül Seda Reis; ORCID no: 0000-0002-6415-1970

K. Emre Gerçekaslan; ORCID no: 0000-0002-9804-9982

maltı, hamurun gaz tutma gücü, maksimum hamur yüksekliği ve gaz kaçış noktası gibi fermantasyon özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Hamur şişirme analizi ile elde edilen basınç, uzayabilirlik ve enerji değerleri açısından en iyi sonuçları buğday maltının verdiğini söylemek mümkündür. Çalışmadan elde edilen tüm veriler dikkate alındığında enzim kaynağı olarak malt unu kullanımının hamur reolojik özellikleri açısından ticari enzime göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Tüm hamur özellikleri açısından buğday maltının en iyi sonuçları verdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Malt unu, hamur reolojisi, D/R hamur şişirme sistemi, fermantasyon özellikleri

INTRODUCTION

It is of great importance that the flour used in bread making has a certain level of amyolytic (especially alpha amylase) activity. It is known that the amyolytic activity is low in the wheat grown in Turkey, as wheat cultivation is common in arid areas where there is not much rainfall (Bilgiçli and Soyulu, 2016). There is no legal objection to adding enzymatic additive to flour. For this reason, the addition of enzymes to bread flours becomes obligatory in a sense, since the amyolytic activity is not at a sufficient level in the wheat used in bread making. Although bacterial, fungal and cereal-derived enzymes are used as amyolytic enzymes, cereal-derived enzymatic additives and especially malt flour, which has some superior properties, are widely used (Elgün and Ertugay 2002; Hrušková et al., 2018).

The germination of grains, which involves a number of physiological and metabolic processes, is one of the important and critical stages in the plant's life cycle, as it determines the development and yield of the crop. Since the antinutrients decrease and the amount of digestible nutrients increases, the nutritional value of the grains increases during the germination process (Aguilar et al., 2019). In the germination process, the first metabolic activities start in the embryo, the scutellum and epithelial layers secrete hydrolytic enzymes such as protease and amylase. As germination progresses, cell walls melt, proteins and starch break down and become water-soluble, and these flow into the embryo as a nutrient and energy source. Morphological changes in grain occur as rootlet and leaflet elongation and endosperm melting. Germinated grains are rich in vitamins, minerals and secondary metabolites due to the activation of metabolic enzymes and the synthesis of metabolites occurring in the embryo. For use an enzymatic additive in bakery products, cereal grains that are germinated to a certain

extent under controlled conditions are used to produce enzyme-active malt flour (Traoré et al., 2004; Gujjaiiah and Kumari, 2013). In the baking industry flours with low enzyme content have a negative impacts on the properties of the final product (Zakupszki et al., 2018). Since the germination process significantly increases the α -amylase activity of the grain (Nkhata et al., 2018), enzyme-active malt flour produced from germinated and properly dried cereal grains is widely used in flours with low amyolytic enzyme activity.

Since malt flours are rich in maltose, minerals, soluble proteins, amyolytic and proteolytic enzymes and flavorings, they accelerate gas formation in the dough by promoting yeast activity and contribute to the flavor and aroma of the baked product (Hrušková et al., 2018). The addition of malt flour causes significant changes in the rheological properties of the dough. The use of malt flour changes dough consistency and water absorption during mixing in Farinograph, decreases tolerance to excessive kneading by increasing dough stickiness. Furthermore, the addition of enzyme-active malt flour decreases gelatinization initial temperature and maximum peak point in Amylograph, and increases dough extensibility by decreasing dough elasticity in Extensograph or Alveograph. These changes in dough rheological properties significantly affect the final product properties (Codină and Leahu, 2009; Boz et al., 2010).

In a study (Nechita et al., 2009) in which malt flour (0.1-0.25%) was added to strong wheat flour, it was reported that added malt flour accelerated gluten development as it developed proteolytic activity of dough, and also improved bread texture and crust color. Hugo et al. (2000) investigated the effect of different levels of malt flours obtained by subjecting malt obtained from

germinated sorghum to different heat treatments on the quality of wheat pan bread. It was stated that the use of sorghum in the form of heat-treated malt flour obtained by germinated and then applying wet heat, especially boiling, gives better results compared to other methods.

In the study conducted by Veluppillai et al. (2010) in which the effect of flour obtained from germinated rice at different durations on bread quality was investigated, it was stated that malt flour obtained from rice germinated for 3 days gave the best results in terms of the physical and nutritional quality of bread. In another study (Makinen and Arendt, 2012), the effect of using different levels (0.5% to 5%) of malt flour obtained from oat, barley and wheat on dough and bread characteristics was investigated. In the study, it was stated that all malt flours increased the bread volume, and barley and wheat malts at levels above 2.5% increased the stickiness of bread more than oat malt. In addition, it was stated that oat malt gave better results than wheat and barley malt in terms of both dough and bread properties due to its high lipolytic activity.

Optimum enzyme activity in bread flour is important for overall product quality. Cereal malts provide regulation of amylolytic activity (Elgün and Ertugay, 2002) and they also increase the quality and nutritional value of bread and enrich the bread aroma (Boz, 2008). Barley and wheat are widely used in malt flour production. In this study, enzyme-active malt flour was obtained from rye, triticale, millet, corn, rice and oat in addition to wheat and barley and it was aimed to determine the effects of these malt flours on the rheological properties of dough.

MATERIALS AND METHODS

Materials

A commercial bread wheat flour, without additives, used for dough preparation was supplied from Birsan Milling Factory (Erzurum, Turkey). It contained 12.5% moisture and 12.1% dry matter protein. Commercially available wheat (Doğu 88), barley (Olgun), rye (Aslim-95), triticale (Ümranhanım), millet (White millet), corn (ADA 313), paddy (Osmancık- 97), and oat (Ankara-76)

were used in the production of malt flour. A commercial enzyme (α -amylase from *Bacillus* sp.; Sigma) was used as enzymatic additive.

Malt flour preparation and addition levels

The cleaned grains were washed and kept in water at 20°C for 24 hours, and after removing the excess water, they were allowed to germinate in the container at room temperature (20°C), 70% relative humidity and darkness conditions. Samples were hydrated every 8-10 h and scrambled to prevent matting. The grains that sprout up to 1 cm, were dried at 40 °C (up to 14% moisture content). The dried malts was milled in a combined mill (Yücebaş Makine Analytical Devices Industry, İzmir, Turkey) and sieved to pass a 0.25 mm screen. Sieved malt flours were stored at 5 °C until use. In order to reduce the falling number value of wheat flour (539 seconds) to the optimum value (274 ± 3 seconds); the wheat, barley, rye, triticale, millet, corn, oats, and paddy malt and commercial enzyme were added to the wheat flour at the rates of 0.88, 0.57, 1.067, 0.598, 1.455, 1.356, 1.902, 1.705, and 0.0115%, respectively.

Flour and dough analysis

Moisture content of flour samples was determined according to AACC method 44-15A, and amylolytic enzyme activity was determined according to AACC method 56-81 using the Falling Number device (Perten FN 1800, Perten Instruments, Springfield, IL) (AACC, 2000).

Dough rheological properties during mixing

Farinograph (Farinograph-E, Brabender GmbH & Co., Duisburg, Germany) was used to evaluate dough mixing properties according to the ICC (1992) Method No: 115/1. The Farinograph water absorption (%) of flour, development time, stability, mixing tolerance index (MTI) and degree of softening values were determined.

Pasting properties

The pasting properties of the flour samples were determined by using amylograph (Brabender, Duisburg, Germany) (Rojas et al., 1999). The suspension (80 g flour/350 ml water) was heated from 30 °C to 92 °C at a rate of 1.5 °C/minute,

after being kept at this temperature for 20 minutes, it was cooled from 92 °C to 50 °C at the same rate. The peak viscosity (BU, Brabender Unit), and peak and initial gelatinization temperatures were calculated from the obtained curve (amylogram).

Instrumental dough extensibility

Uniaxial extension tests were performed using the texture analyzer TAXT.Plus (Stable Micro System, Surrey, England) equipped with SMS/Kieffer dough and gluten extensibility rig at 3.30 mm/s test speed, 75 mm distance, and 1 g trigger force. The dough sample was shaped into thin rolls, then been formed into 5 cm long pieces with a trapezoidal cross section (3 mm × 5 cm × 4 cm). After resting in the mold for 40 min at 30 °C, extensographic assay was conducted and the maximum resistance (g), dough extensibility (mm) and extension area (g·s) were determined.

Rheological properties of dough during fermentation

The rheological properties of dough during fermentation were measured by Texture Analyzer (model TA-XTplus, Stable Micro System, England) and 50 mm aluminium probe. The

dough samples were prepared in the Farinograph mixer using 300 g flour, 4.5 g salt and 3% yeast and, mixing time to reach 500 BU consistency determined by Farinograph studies. Water was added according to farinograph absorption, i.e. to 500 BU. After mixing, the dough samples were allowed to rest for 30 min before being analysed to the Texture Analyzer. A cylindrical container of 7 cm diameter was positioned in the water bath so that it could not move. 100 g of kneaded dough was weighed. Both the dough and the cylindrical bowl were thinly covered with paraffin so that the dough made in rounds did not stick to the chamber during analysis. A 600 g weight was put on the dough mass placed in the cylindrical bowl, and the probe was in contact with this weight during analysis. The ambient temperature was kept constant at 35 °C with a water bath during the analysis. Measurements were performed at the following conditions: Pre-test speed: 1 mm/s; test speed: 0.50 mm/s; post-test speed: 10 mm/s; duration: 45 min; trigger force: 1 g; and load cell: 5 kg. The results were expressed as the values of maximum dough development height (Hmax, mm), gas retention (min.mm) and gas escape height at which gas starts to escape from the dough (mm) (Fig.1).

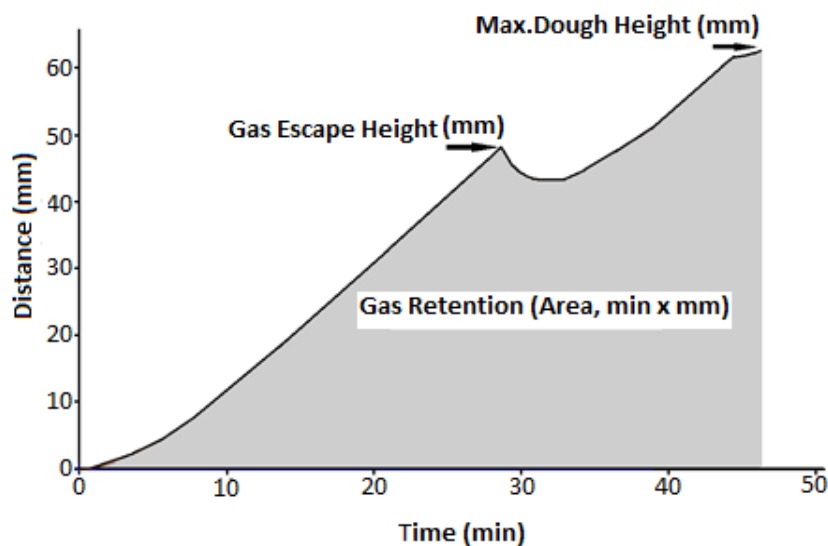


Figure 1. A sample dough gas retention capacity curve (SMS Model TA-XTplus, Stable Micro System, U.K.)

Dough inflation measurement

Dough inflation test of dough samples were determined by the D/R dough inflation system mounted on TA.XT Plus Texture Analyzer (Dobraszczyk, 1997). Doughs for the dough inflation test were first prepared in a farinograph, using 300 g flour, 2% salt and water (according to farinograph water absorption) addition and mixed to peak time. Then dough was rolled to a thickness of 8 mm by using roller mechanism. 55 mm circular pieces were cut from these sheets by using cookie cutter. Then circular pieces were pressed for 30 sec. The five discs were compressed in turn, then stacked up in holders to prevent moisture loss and rested for 30 min at 25 ± 5 °C and tested at texture analyser in five replicates under the following conditions: test speed 1602 cm³/minute, volume: 20.000 m³, trigger volume 20.000 mm³. The following parameters were obtained: bi-axial extensibility, L (mm); tenacity, P (mm) and deformation energy, W (kj) at bubble failure.

Statistical analysis

The experiments were carried out in duplicate and the analysis were performed in triplicate.

ANOVA and Duncan's multiple range tests significance was carried out to all data in order to determine differences between means ($P < 0.05$) using SPSS (Version 16.0.1, IBM SPSS Statistics for Windows, IBM Corp., Armonk, NY, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Pasting properties of the flour samples

The falling number value of the wheat (control) flour (539 s) was reduced to the ideal FN value (274 ± 3 s) by adding the enzyme-active malt flours and commercial enzyme. Addition levels of these additives were determined as 0.88, 0.57, 1.067, 0.598, 1.455, 1.356, 1.902, 1.705, 0.0115% for wheat, barley, rye, triticale, millet, maize, oats, paddy malt and commercial enzyme (amylolytic), respectively. In this way, the pasting properties of the flour samples which are the wheat flours mixed with malt flours and enzyme were determined by Amylograph device and Duncan multiple range test results of the mean values of peak viscosity, peak temperature and initial gelatinization temperature derived from amylograms are given in Table 1.

Table 1. Effect of malt flours addition on pasting properties of flour ⁽¹⁾

Flour Samples	Enzyme Source	Peak Viscosity (BU)	Peak Temperature (°C)	Initial Gelatinization Temperature (°C)
Control	-	957.50a	80.25a	61.25abc
	Wheat M.	262.50g	71.25d	61.25abc
	Barley M.	312.50f	72.50bcd	60.50bc
	Rye M.	322.50e	72.50bcd	61.50ab
	Triticale M.	305.00f	71.50cd	61.75a
Control +	Millet M.	417.50c	73.50b	61.25abc
	Corn M.	407.50d	73.25b	61.75a
	Oat M.	517.50b	72.75bc	61.50ab
	Paddy M.	402.50d	72.50bcd	61.75a
	C.E.	322.50e	73.25b	60.25c
	<i>P</i>	**	**	*

⁽¹⁾ Means with different letters in each column were significantly different ($*P < 0.05$ and $**P < 0.01$). *P* indicates level of significance, BU: Brabender Unit, M: Malt, C.E: Commercial Enzyme.

As it can be seen in Table 1, while the highest peak temperature and viscosity values were determined in the control flour, the lowest values were found in wheat malt added flour. It was observed that the usage of malt flours and enzyme reduced

these values. It was also observed that the peak temperature value of the flour samples added with barley, rye and paddy malt was statistically the same. While the triticale, corn and paddy malt added flour samples had the highest initial

gelatinization temperature (61.75 °C), the lowest value (60.25 °C) was determined in the commercial enzyme added flour sample. The initial gelatinization temperature values of the control flour and wheat, and millet malt added flours were statistically not different ($P > 0.05$).

By heating the flour-water suspensions in the amylograph, starch gelatinization occurs as a result of thermal effect at a certain temperature, and the viscosity of the suspension increases. While the starch gel breaks down due to the effect of the amylase enzymes present in the flour, both the pasting properties of the starch and the activity level of the amylase enzymes can be determined from the obtained curve (amylogram). In bread flours, the peak viscosity value is required to be between 350-500 BU (Elgün et al., 2011). It is seen that the enzyme activity in bread flours can be brought to the desired peak viscosity value with the appropriate use of malt flours obtained from different grains used in the study.

Dough mixing properties

Duncan multiple range test results of the mean of water absorption, development time, stability, mixing tolerance index and degree of softening values of the flour samples were given in Table 2. The water absorption of the flour samples varied between 61.2 % (flour containing wheat malt) and 58.95 % (flour containing barley malt). Water absorption, which is an important quality criterion in bread making, is desired to be high as far as possible (Aydoğan et al., 2012; Şahin et al., 2013). While the development time of the flour samples containing oat (5.55 min) and wheat malt (4.25 min) showed quite high values, it varied between 1.35 and 2.55 minute in other flour samples. The long development time is proportional to the gluten quality (Köten, 2005; Aydoğan et al., 2012), and it also shows that the dough strength is high (Şahin et al., 2013). The short development time negatively affects bread volume and pore structure (Aydoğan et al., 2012).

Table 2. Effect of malt flours addition on farinograph indices of dough ⁽¹⁾

Flour Samples	Enzyme Source	Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Degree of Softening (BU)	Mixing Tolerance Index (BU)
Control	-	59.40e	2.45c	9.45c	68.50f	18.50f
	Wheat M.	61.20a	4.25b	10.45b	68.50f	10.50h
	Barley M.	58.95f	2.55c	7.15f	87.50b	41.50a
	Rye M.	59.95cd	2.25d	11.15a	50.50h	8.50ı
	Triticale M.	59.65de	2.45c	8.55d	61.50g	14.50g
Control +	Millet M.	60.10bc	1.35e	5.65h	85.5c	26.50d
	Corn M.	60.15bc	2.25d	6.55g	76.50e	34.50c
	Oat M.	59.90cd	5.55a	8.15e	118.50a	39.50b
	Paddy M.	60.35b	2.25d	8.55d	68.50f	15.50g
	C.E.	60.05bc	2.15d	8.15e	78.50d	24.50e
	<i>P</i>	**	**	**	**	**

⁽¹⁾ Means with different letters in each column were significantly different (** $P < 0.01$).

P indicates level of significance, BU: Brabender Unit, M: Malt, C.E: Commercial Enzyme.

While the highest stability value was obtained in the flour sample containing rye malt, the lowest value was determined in the flour sample containing millet malt. As expected, the degree of softening and the mixing tolerance index values were generally low in flour samples which have

high stability value. High-quality bread flour is defined by high dough stability (Köten, 2005) and low degree of softening (Aydoğan et al., 2012). Since the dough will soften quickly and lose its consistency, the dough fermentation time should be kept short in the flours which have a high

degree of softening value and the dough should be processed in a short time (Elgün et al., 2011). The mixing tolerance index, which is preferred to be low for bread making, is the difference in BUs between the top of the curve and the top of the curve measured 5 min after the peak is reached (D'Appolonia, 1984). Considering the farinograph properties such as dough stability and mixing tolerance index, wheat and rye malt gave the best results.

Dough development and gaseous release characteristics

As it can be seen in Table 3, while the highest gas retention capacity was determined in the dough contain paddy and oat malt, the lowest gas retention capacity was determined in the dough contain millet malt and commercial enzyme. For the gas retention capacity parameter, there was no statistically significant difference among the control dough and wheat, barley, rye, triticale and corn malt added dough. The corn malt flour added dough had the highest the maximum dough height value (77.16 mm), while the dough added with commercial enzyme had the lowest (62.08 mm). Although there was no statistically significant difference between the values, wheat,

barley, rye, triticale and oat malt added dough had lower the maximum dough height values compared to control flour dough. The earliest gas escape was observed in the rye malt added dough, while the latest gas escape was found in the oat malt added dough. No gas escape occurred until the end of the test period in the dough with added corn and rice malt and commercial enzyme. The final product quality is significantly affected by fermentation properties of the dough such as gas retention capacity, maximum dough height and gas escape height. Particularly, it has been reported that there is a positive correlation between bread specific volume and maximum dough height value (Huang et al., 2008). Malt flours are widely used to improve the rheological properties of dough and to form substrate for yeasts in a fermentation environment. It is stated that the addition of malt flour to bread flours affects the dough viscosity and gas production capacity, and improves the volume, colour and textural properties of the bread (Boz, 2008). When all fermentation properties of dough such as gas retention capacity, maximum dough height and gas escape height are considered together, it is seen that the use of the corn, oat and paddy malt gave the best results.

Table 3. Effect of malt flours addition on fermentation properties of dough ⁽¹⁾

Flour Samples	Enzyme Source	Gas Retention Capacity (mm.min)	Maximum Dough Height (mm)	Gas Escape Height (mm)
Control	-	1543.00ab	72.71ab	43.53b
	Wheat M.	1481.30ab	68.50ab	50.17a
	Barley M.	1502.30ab	71.01ab	50.13a
	Rye M.	1437.70ab	65.00ab	43.36b
	Triticale M.	1450.80ab	66.60ab	48.80ab
Control +	Millet M.	1384.80b	63.88b	50.60a
	Corn M.	1513.20ab	77.16a	N.E.
	Oat M.	1601.50a	70.47ab	52.95a
	Paddy M.	1602.80a	76.78a	N.E.
	C.E.	1364.10b	62.08b	N.E.
	<i>P</i>	*	*	**

⁽¹⁾ Means with different letters in each column were significantly different (* $P < 0.05$ and ** $P < 0.01$). *P* indicates level of significance, M: Malt, C.E: Commercial Enzyme, N.E.: No Escape.

Large deformation dough rheology by SMS/Kieffer Rig

While there was no statistically significant difference between the extensibility values of dough made from control flour and barley malt added flour, it was observed that the other enzyme additives increased the extensibility of dough (Table 4). The corn malt added dough had the highest extensibility value (48.03 mm), and there was no statistically significant difference

between corn malt and oat malt added dough. The lowest extensibility value (29.67 mm) was found in the dough containing barley malt. It has been observed that the addition of different grain malts (except barley malt) to wheat flour generally results in an increase in the dough extensibility. Boz (2008) stated that the addition of malt flour to wheat flour increased the dough extensibility, while decreasing the maximum resistance and dough energy values.

Table 4. Effect of malt flours on the extensibility, maximum resistance and energy values of dough ⁽¹⁾

Flour Samples	Enzyme Source	Extensibility (mm)	Maximum Resistance (g)	Energy (g.s)
Control	-	29.70f	56.66a	365.30ab
	Wheat M.	34.48de	40.41d	318.70de
	Barley M.	29.67f	48.63b	329.20cde
	Rye M.	37.81c	36.17e	337.53cd
	Triticale M.	36.79cd	44.75c	375.50a
Control +	Millet M.	42.35b	30.54g	309.21ef
	Corn M.	48.03a	30.29g	350.84bc
	Oat M.	46.87a	29.31g	344.28bc
	Paddy M.	34.03e	40.10d	337.24cd
	C.E.	36.66cd	32.52f	293.92f
	<i>P</i>	**	**	**

⁽¹⁾ Means with different letters in each column were significantly different (***P* < 0.01).

P indicates level of significance, M: Malt, C.E: Commercial Enzyme.

As it can be seen in Table 4, the maximum dough resistance decreased in the dough added with all malt flours and commercial enzyme compared to the control. While the control flour had the highest maximum dough resistance value (56.66 g), the oat malt added dough had the lowest value (29.31 g). No statistically difference was observed in the dough containing corn, oat and millet malt flours in terms of maximum resistance value. Malt flour is used in bakery products, especially to increase the amylolytic activity of flours. However, since malt flours contain proteolytic enzymes as well as amylolytic enzymes (Bilgiçli and Türker, 2004), the addition of malt flour also reduced dough resistance by affecting gluten strength.

It has been determined that, except for triticale malt, the addition malt flour to wheat flour reduced the dough energy. The highest dough energy value (375,5 g.s) was belonged to the

dough added with triticale malt, and the lowest value (293.92 g.s) was belonged to the dough added with commercial enzyme. Energy is the indicator of the strength and machinability degree of the dough against processing. The high energy value indicates that the gas holding capacity and fermentation tolerance of the dough is high. It is stated that the volume of breads made from the dough which has high energy value is also high (Elgün et al., 2011). It was also stated that the high energy value of dough is closely related to the gluten content and protein quality of flour (Köten, 2005), and the dough had low energy value should be processed in a short time (Elgün et al., 2011).

D/R dough inflation test results

The peak height (*P*, mm) also referred to as the maximum pressure or tenacity indicated the resistance that the dough offered to deformation and it is connected with the tensile strength or

stability that the dough exhibited during the proofing stage of bread making (Ibrahim et al., 2021). It has been determined that the dough containing wheat malt flour had the highest P value (368.86 mm), it was followed by triticale (331.78 mm) and paddy (312.5 mm) malt flours (Table 5). However, the oat malt addition resulted the lowest P value (107.58 mm). The extensibility value (L) which is the indicator of the inflation rate and elasticity of the dough was found to be 31.88 mm (the highest) and 14.1 mm (the lowest) for the control and the paddy malt added dough, respectively. However, extensibility (L) and deformation energy (W) values for the dough containing oat malt flour could not be detected. It was determined that the extensibility value of all dough samples containing enzymatic additive

decreased compared to the control dough. The deformation energy value (W), which corresponds to the work to inflate the dough sample and is an indicator of the strength of the flour, was found to be the highest (1598 kJ) in the dough wheat malt flour and the lowest (997.6 kJ) in the dough rye malt flour. There was no statistically significant difference was determined among the W values of control dough, barley and corn malt added dough. It is reported that P and W values determined by dough inflation test are positively correlated with bread volume and texture, and negatively correlated with bread crumb hardness; however, it is stated that the L value is negatively correlated with bread texture, and positively correlated with bread internal hardness (Dikici et al., 2006).

Table 5. Effect of malt flours addition on dough inflation test values ⁽¹⁾

Flour Samples	Enzyme Source	P (mm)	L (mm)	W (kJ)
Control	-	246.30d	31.88a	1437.2b
	Wheat M.	368.86a	19.93cd	1598.0a
	Barley M.	220.81de	27.23ab	1447.3b
	Rye M.	299.94bc	15.06d	997.6f
	Triticale M.	331.78ab	19.90cd	1309.6cd
Control +	Millet M.	148.48f	22.35bc	1207.0de
	Corn M.	160.59ef	21.22c	1441.2b
	Oat M.	107.58f	-	-
	Paddy M.	312.50ab	14.10d	1118.8e
	C.E.	135.79f	27.36ab	1413.2bc
	P	**	**	**

⁽¹⁾ Means with different letters in each column were significantly different (** $P < 0.01$).

P indicates level of significance, M: Malt, C.E: Commercial Enzyme.

Conclusion

Malt flours and commercial enzyme addition significantly affected all the properties of the dough made from wheat flour. While the peak viscosity and peak temperature values measured by Amylograph were decreased with malt flour and commercial enzyme addition to wheat flour, the highest decrease was observed in wheat malt added flour. The initial gelatinization temperatures of the flour samples were almost the same. It was observed that the water absorption value and the degree of softening were increased with the addition of malt flour (except barley, and rye and triticale malts respectively) compared to

the control. The wheat and rye malt additions gave the best results especially in terms of the stability and mixing tolerance index values of dough. The oat, paddy and corn malts gave the best results of the gas retention capacity, maximum dough height and gas escape values. Generally, the addition of malt flour increased the extensibility of the dough, while decreased the maximum resistance and energy values. It can be said that the wheat malt gave the best results in terms of pressure, extension and energy values obtained by dough inflation test. According to the data obtained from this study, it was concluded that the use of malt flour as an enzyme source

gave better results than the commercial enzyme in terms of dough rheological properties. It can be easily said that the use of wheat malt had a positive effect on all quality properties of the dough.

CONFLICT OF INTEREST

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

AUTHOR CONTRIBUTIONS

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

ETHICAL APPROVAL

Ethical approval is not required for this research.

REFERENCES

AACC, 2000. American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. Methods 44-15A, 56-81. The Association: St. Paul. MN.

Aguilar, J., Miano, A.C., Obregón, J., Soriano-Colchado, J., Barraza-Jáuregui, G., 2019. Malting process as an alternative to obtain high nutritional quality quinoa flour. *J. Cereal Sci.* 90, 102858, doi: 10.1016/j.jcs.2019.102858

Aydoğan, S., Akçacık, A.G., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M.N., Ekici, M. (2012). Ekmeklik buğday unlarında alveograf, farinograf ve miksografta ölçülen reolojik özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel University, Journal of the Faculty of Agriculture.* 7(1): 74-82.

Bilgiçli, N., Türker, S. (2004). Tarhanada sindirilebilir protein ve kül miktarı üzerine maya, malt unu ve fitaz katkılarının etkileri. *Süleyman Demirel University, Journal of the Faculty of Agriculture.* 18(33): 90 – 97.

Bilgiçli, N., Soylu, S. (2016). Buğday ve un kalitesinin sektörel açıdan değerlendirilmesi. *Babri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5(2): 58-67.

Boz, H. (2008). Farklı doğal bitkisel katkıların organik ekmek üretiminde kullanılması ve kalite üzerine etkileri. Atatürk University, Institute of Natural and Applied Sciences, MSc Thesis, Erzurum/Turkey, 93 p.

Boz, H., Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H.H., Gerçekaslan, K.E. (2010). The effects of different materials as dough improvers for organic whole wheat bread. *Int. J. Food Sci. Technol.* 45: 1472–1477, doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02289.x

Codină, G.G., Leahu, A. (2009). The improvement of the quality of wheat flour with a lower content of α -amylase through the addition of different enzymatic products. *Lucrari Stiintifice - Ser. Agron.* 52: 629-635.

D'Appolonia, B. (1984). Types of Farinograph curves and factors affecting them, in: D'Appolonia, B.L., Kunerth, W.H. (Eds.), *The Farinograph Handbook*. AACC., St. Paul, MN, pp. 13–23.

Dikici, N., Bilgiçli, N., Elgün, A., Ertaş, N. (2006). Unun ekmekçilik kalitesi ile farklı metotlarla ölçülen hamurun reolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Gıda/The Journal of Food.* 31(5): 285-291, doi: 10.21566/tarbitderg.279719

Dobraszczyk, B.J. (1997). The rheological basis of dough stickiness. *J. Texture Stud.* 28: 139-162, doi: 10.1111/j.1745-4603.1997.tb00108.x

Elgün, A., Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk University Faculty of Agriculture Publications: 718, Textbooks Series: 52, fourth ed., Erzurum, Turkey.

Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G. (2011). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk University Faculty of Agriculture Publications No: 867, pp 270, Erzurum, Turkey.

Gujjaiah, S., Kumari, C. (2013). Evaluation of changes in α -amylase, β -amylase and protease during germination of cereals. *Int. J. Agric. Sci. Res.* 3(3): 55-62.

Huang, W., Kim, Y., Li, X., Rayas-Duarte, P. (2008). Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. *J. Cereal Sci.* 48: 639-646, doi: 10.1016/j.jcs.2008.02.008

Hrušková, M., Švec, I., Kučerová, I. (2018). Effect of malt flour addition on the rheological properties of wheat fermented dough. *Czech J.*

- Food Sci.* 21(6): 210–218, doi: 10.17221/3500-CJFS
- Hugo, L.F., Rooney, L.W., Taylor, J.R.N. (2000). Malted sorghum as a functional ingredient in composite bread. *Cereal Chem.* 77(4): 428-432 ; doi : 10.1094/CCHEM.2003.80.5.495
- Ibrahim, S., Inelo, E.D., Eke, M.O. (2021). Physico-chemical, alveograph and anti-nutritional properties of breads formulated from wheat and pawpaw (*Carica papaya*) seed flour blends. *AFSJ.* 20(3): 72-85, doi: 10.9734/afsj/2021/v20i330280
- ICC, (1992). Method No:115/1. Method for using the Brabender Farinograph. Approved 1972. ICC Standards, Vienna, Austria.
- Köten, M. (2005). Şanlıurfa yöresine özgü tırnaklı (düz) ekmeklerde bazı katkı maddelerinin ekmek kalitesine etkileri üzerine bir araştırma. Harran University, Institute of Natural and Applied Sciences, MSc Thesis, Şanlıurfa/Turkey, 75 p.
- Makinen, Q.E., Arendt, E.K. (2012). Oat malt as a baking ingredient - A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties. *J. Cereal Sci.* 56: 747-753, doi: 10.1016/j.jcs.2012.08.009
- Nechita, V., Niculita, I., Arghire, C., & Izella, I. G. (2009). Strong flour improvement using malt flour. *Journal of Food Processing and Technologies*, 15(2): 242-244.
- Nkhata, S.G., Ayua, E., Kamau, E.H., Shingiro, J. (2018). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Sci. Nutr.* 6(6): 2446-2458, doi: 10.1002/fsn3.846
- Rojas, J.A., Rosel, C.M., Benedito de Barber, C. (1999). Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. *Food Hydrocoll.* 13: 27-33, doi: 10.1016/S0268-005X(98)00066-6
- Şahin, M., Akçacık, A.G., Aydoğan, S., Demir, B., Önmez, H., Taner, S. (2013). Ekmeklik buğday ununda ekmek hacmi ile bazı fizikokimyasal ve reolojik özellikler arasındaki ilişkilerin tespiti. *Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsü Dergisi.* 22(1): 13-19.
- Traoré, T., Mouquet, C., Icard-Vernière, C., Traoré, A.S., Trèche, S. (2004). Changes in nutrient composition, phytate and cyanide contents and α -amylase activity during cereal malting in small production units in Ouagadougou (Burkina Faso). *Food Chem.* 8(1): 105-114, doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.032
- Velupillai, S., Nithyanantharajah, K., Vasantharubai, S., Balakumar, S., Arasaratnam, V. (2010). Optimization of bread preparation from wheat flour and malted rice flour. *Rice Sci.* 17: 51-59, doi: 10.1016/S1672-6308(08)60104-3
- Zakupszki, Z.B., Véha, A. Szabó, P.B. (2018). Development of matzo made of wholemeal rye flour and its implementation in the industry. *Anal. Tech. Szeged.* 12(1): 8-14, doi: 10.14232/analecta.2018.1.8-14



GIDALARDA SODYUM AZALTIMI

Semra Bozkurt, Mehmet Koç*

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Aydın, Türkiye

Geliş / Received: 02.02.2021; Kabul / Accepted: 28.10.2021; Online baskı / Published online: 18.03.2022

Bozkurt, S., Koç, M. (2022). Gıdalarda sodyum azaltımı. *GIDA* (2022) 47 (2) 231-251 doi: 10.15237/gida.GD21023

Bozkurt, S., Koç, M. (2022). *Sodium reduction in foods. GIDA* (2022) 47 (2) 231-251 doi: 10.15237/gida.GD21023

ÖZ

Sodyum besinlerde doğal olarak bulunan bir mineral olup vücutta sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanmasında ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, aşırı sodyum tüketimi, başta hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar olmak üzere pek çok önemli rahatsızlığa neden olmaktadır. Gıdalardaki başlıca sodyum kaynağı ise daha çok sofraya tuzu olarak bilinen sodyum klorürdür. Tuz, gıdaların duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Gıdalarda sodyum azaltımı, duyuşal kalite, raf ömrü ve işlevsellik faktörlerini içeren çok boyutlu bir işlemdir. Gıda ürünlerinde sodyumun azaltılmasına yönelik mevcut yaklaşımlar, esas olarak gıda formülasyonlarında tuzun kaldırılması ve kademeli sodyum azaltımı, sodyumun tuz ikameleri ile değiştirilmesi, lezzet artırıcıların kullanımı, sodyum salınımını ve taşınmasını optimize etmek amacıyla gıda yapısının yeniden tasarlanması, tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi, yeni teknolojilerle tuz difüzyonunun geliştirilmesi ve koku-tat interaksyonları stratejilerini içermektedir. Bu derlemede, sodyum hakkında genel bilgi sunularak, gıdalarda sodyum azaltımına yönelik stratejiler ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Sodyum, hipertansiyon, kardiyovasküler, tuz, tuzun işlevi, sodyum azaltma

SODIUM REDUCTION IN FOODS

ABSTRACT

Sodium is a mineral found naturally in foods and plays an important role in maintaining fluid and electrolyte balance in the body and regulating blood pressure. However, excessive sodium consumption causes many important ailments, especially hypertension and cardiovascular diseases. The main source of sodium in foods is sodium chloride, better known as table salt. Salt has a significant effect on the sensory, physical, chemical and microbiological properties of foods. Sodium reduction in foods is a multidimensional process that includes sensory quality, shelf life and functionality factors. Current approaches to reducing sodium in food products mainly include salt removal and gradual reduction of sodium in food formulations, replacement of sodium with salt substitutes, use of flavor enhancers, redesigning the food structure to optimize sodium release and transport, altering the physical form of salt, improving salt diffusion with new technologies and odor-taste interaction strategies. In this review, general information about sodium is presented and strategies for sodium reduction in foods are discussed.

Keywords: Sodium, hypertension, cardiovascular, salt, the function of salt, sodium reduction

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ mehmetkoc@adu.edu.tr

☎ (+90) 256 213 7503

☎ (+90) 256 213 6686

Semra Bozkurt; ORCID no: 0000-0002-7132-9773

Mehmet Koç; ORCID no: 0000-0002-7295-7640

GİRİŞ

Sodyum besinlerde doğal olarak bulunan bir mineraldir. Sodyum, klor ve potasyum gibi diğer minerallerle birlikte hücre içinde (potasyum) ve dışında (sodyum ve klor) sıvıların dengesini kontrol eden elektrolit olarak adlandırılır (Kloss vd., 2015). İnsan vücudunda kan plazmasını içeren hücre dışı sıvılarda, temel iyonlar olan sodyum ve klorür yaşam sürdürme süreçlerinde kritik bir rol oynar. Sodyum, sinir uyarılarının iletilmesinde, kas kasılmasında, hücresel membran potansiyelinin korunmasında, sıvı dengesinin sağlanmasında, asit-baz dengesi, ozmotik basınç ve kan basıncının düzenlenmesinde, besinlerin ve suyun hücreler arasında taşınmasında ve ince bağırsakta emiliminde önemli rol oynar (Kloss vd., 2015).

Hayvansal ve bitkisel kaynaklarda sodyum element olarak yer aldığı gibi sodyum klorür şeklinde de bulunmaktadır. Gıdalarda sodyum kaynakları, gıdanın bileşiminde yer alan sodyum, gıdaya eklenen diğer bileşenler (emülgatörler, hamur kabartıcılar, kimyasal koruyucular vb) ve dışarıdan eklenen sodyum klorür olmak üzere üç başlık altında toplanabilir (Ilgaz ve Yarangümeli, 2019). Gıdalardaki başlıca sodyum kaynağı ise daha çok sofraya tuzu olarak bilinen sodyum klorürdür ve insan diyetindeki sodyumun yaklaşık %90'ını oluşturur. Sodyum klorür, ağırlıkça %40 sodyum ve %60 klorürden oluşan iyonik bir bileşiktir (Kloss vd., 2015). Gıda işlemede önemli bir bileşen olan sodyum klorür, tat maskeleyme, lezzet artırma, tekstürel özellikleri iyileştirme ve koruyucu özelliğinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır.

SODYUM VE SAĞLIK

Dünya çapında meydana gelen ölüm nedenlerinin başında kardiyovasküler hastalıklar gelmekte ve kardiyovasküler hastalıklar için en önemli risk faktörü olarak yüksek kan basıncı gösterilmektedir (Forouzanfar vd., 2017). Tuz (sodyum klorür) kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynamakta ve yapılan çalışmalar, uzun süreli düşük sodyum alımının kan basıncının düşmesine yol açtığını ve yaşla birlikte kan basıncındaki artışı yavaşlattığını göstermektedir. Yetişkin bir birey, sağlıklı bir biçimde yaşantısını sürdürebilmek için

günde 1500 mg (65 mmol) sodyuma ihtiyaç duymaktadır (IOM, 2005). Tuzun yapısında bulunan ve vücutta sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanmasında ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynayan sodyum fazla tüketildiğinde ise kan basıncı üzerindeki etkisine ek olarak ciddi sağlık sorunlarına da yol açmaktadır. Aşırı sodyum tüketimi, ciddi bir halk sağlığı sorununu temsil eden koroner kalp hastalığı, kalp yetmezliği ve felç gibi kardiyovasküler hastalıklar için ana risk faktörlerinden biridir (Muñoz vd., 2020). Tuz oranı yüksek bir diyetin, yüksek tansiyon (Garfinkle, 2017) ve koroner kalp hastalıkları (Xue vd., 2020) gibi kardiyovasküler hastalıkların ölüm oranını ve insidansını artırdığı bilinmektedir. İnmenin %62'sinin ve koroner kalp hastalığının %49'unun yüksek tansiyondan kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Kloss vd., 2015). Yapılan çalışmalarda, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar dışında aşırı sodyum tüketimi, mide kanseri, böbrek hastalığı, kemik demineralizasyonu ve obezite gibi birçok olumsuz sağlık etkisiyle ilişkilendirilmiştir (Wilck vd., 2017; Sharif vd., 2018; He vd., 2019). Giderek artan çalışmalar, bu mineralin aşırı tüketiminin, otoimmün sistemi yok edebileceğini ayrıca bağırsak mikrobiyotasının bozulmasına, Lactobacillus'un bağırsakta sağ kalım oranının azalmasına neden olduğunu göstermiştir (Wilck vd., 2017). Ayrıca, yüksek tuz alımı, reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşmasına yola açmakta ve karaciğer fibrozunu tetiklemektedir (Wang vd., 2016). Bu nedenle WHO (2018), tuz alımını <5 g/gün tutmanın hipertansiyonu önlemeye yardımcı olduğunu ve yetişkin popülasyonda kalp hastalığı ve felç riskini azalttığını bildirmektedir. Yüksek sodyum alımıyla ilgili artan halk sağlığı endişeleri, dünya çapında sodyumu azaltma çabalarının hız kazanmasına öncülük etmiştir.

TUZUN GIDALARDAKİ İŞLEVİ

Tuz, gıda işleme ve tüketiminde önemli bir rol oynar. Gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılan tuz çok işlevli bir role sahiptir. Tuzun gıdalardaki fonksiyonları duyuşsal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olmak üzere dört grupta toplanabilir.

Duyusal etkisi (Lezzet): Sofra tuzu (NaCl) gıdaların lezzetini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu durum tuzun, istenmeyen tatları (acı, metalik veya kimyasal) maskelerken, arzulan bazı tatların yoğunluğunu arttırabilme potansiyelinden ileri gelmektedir. Tuz, gıdaların lezzet profilini yükselterek tüketici için daha cazip hale getirmektedir. Gıda matrislerinde, sodyum tuzları diğer tat özelliklerini de etkilemektedir. Orta ve yüksek konsantrasyon acılığı ve tatlılığı düşürmekte, acılığı/ekşiliği dengelemekte, umami tadının yoğunluğunu arttırmaktadır. Ayrıca tuzun, önemli aroma bileşiklerinin sentezlenmesinde rol alan bazı organizmaların gelişmesini ve enzimlerin aktivitesini düzenleyerek gıdanın lezzetini etkilediği belirtilmiştir (Ilgaz ve Yarangümeli, 2019).

Fiziksel ve kimyasal etkisi: Tuz, gıdaların yalnızca lezzet profilini değil, görünüm ve yapısal özelliklerini de etkilemektedir. Ürünün dokusu, akışkanlığı, gevrekliği, rengi ürün formülü içerisinde yer alan tuz miktarına göre değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalar, tuzun gıdaların tekstürel özellikleri ve bazı kalite kriterleri üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Tuz, gıdadaki diğer temel bileşenlerle (protein, yağ ya da su) etkileşime girip gıdaların dokusunu ve işleme sırasında oluşan reaksiyonları etkilemektedir (O'Sullivan, 2020).

Ekmek ve unlu mamüllerin hamurunda kullanılan tuz, buğday proteinleri ile etkileşime girerek proteinleri sıkılaştırmakta ve bu durum hamuru güçlendirerek mayalanma ve pişirme sırasında gaz tutma kapasitesini arttırmakta ve daha iyi kabarma sağlamaktadır. Tuzlu hamurun daha fazla su tutma özelliği, hamurun yapışkanlığını azaltmakta, hacmini ve ekmek miktarını arttırmaktadır (Silow vd., 2016).

Et ve et ürünlerine ilave edilen tuz pH değerini düşürür, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağlar. Bazı proteinler çözünebilir hale gelerek öğütülmüş etin bir arada durmasına yardımcı olur ve pişmiş ürünün verimini artırır (Inguglia vd., 2017).

Peynir üretiminde tuz, peynirin son nemini, tekstürünü, starter bakteri ve aroma üreten

sekonder organizma tiplerinin üründeki aktivitesini ve gelişmesini etkilemekle birlikte aynı zamanda tuz peynir üretiminde, laktik asit fermantasyonunu engellemekte, enzimlerle etkileşime girerek peynirin olgunlaşma sürecini düzenlemektedir (Bansal ve Mishra, 2020).

Mikrobiyolojik Güvenlik: Tuz, su aktivitesi (aw) değerini patojenlerin ve bozulma yapan mikroorganizmaların gıdada gelişmesi için gereken seviyenin altına düşürerek koruyucu görevi yapmaktadır (O'Sullivan vd., 2020).

GIDA ÜRÜNLERİNDE SODYUM AZALTMA STRATEJİLERİ

Dünyada birçok kişi fizyolojik gereksinimler için ihtiyaç duyulan miktarın üzerinde tuz tüketmektedir. Evrensel olarak, diyetle alınan tuz miktarı, WHO tarafından önerilenden çok daha yüksektir (ortalama 9-12 g/gün, önerilen maksimum düzeyin 2 katı kadar) (Health Canada, 2018). Son araştırmalar, aşırı tuz/sodyum tüketiminin hipertansiyon, kardiyovasküler hastalık ve felç gibi olumsuz sağlık sorunlarına yol açtığını doğrulamaktadır (WHO, 2016; Graudal vd., 2016; Mente vd., 2018; Cappuccio vd., 2019). WHO, kardiyovasküler hastalıkları azaltmak için önemli bir tedbir olarak evrensel ortalama sodyum alımını 2025 yılına kadar %30 oranında azaltmayı hedeflemiş (WHO, 2018) ve mevcut ürünlerdeki sodyum seviyesini düşürmek ve daha düşük sodyum seviyelerine sahip yeni ürünler formüle etmek amacıyla gıda endüstrisine tavsiyelerde bulunmuştur (WHO, 2004; Ndanuko vd., 2020).

İstenen fiziksel/dokusal özellikleri kaybetmeden sodyumun azaltılması, spesifik gıda uygulamasına ve benzer işlevleri yerine getirecek diğer bileşenlerin veya teknolojilerin varlığına bağlıdır. Tuz azaltımının güç olduğu uygulamalar arasında et, peynir ve ekmek gibi gıda ürünleri yer almaktadır. Diyetle sodyum alımına önemli ölçüde katkıda bulunan bu ürünlerde karmaşık işlevselliği nedeniyle tuzun azaltılması oldukça güçtür. Bu gıdalarda, sodyum klorürün önemli işlevleri tat, koruma ve doku sağlamadır. Ekmek, et ve et ürünleri, peynir ve diğer gıda ürünlerinde sodyum azaltımına yönelik yapılan örnek çalışmalar sırasıyla Çizelge 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Çizelge 1. Ekmekte sodyum azaltımına yönelik çalışmalar

Referans	Ürün	Azaltma stratejisi	% Azaltma
Charlton vd. (2007)	Esmek ekme	KCl, MgCl ₂ ve CaCl ₂ tuzları ile kısmi ikamesi	%32.30
Lynch vd. (2009)	Hamur ve ekme	Azaltma	%10
Braschi vd. (2009)	Ekme	KCl+soya unu	%30
Noort vd. (2010)	Ekme	Gıda yapısının yeniden tasarlanması	%28
Samapundo vd. (2010)	Beyaz Ekme	KCl ve sub4salt ile kısmi ikamesi	%30
Bolhuis vd. (2011)	Ekme	Azaltma/ KCl ve maya ekstraktı	%31, %52, %67
Noort vd. (2012)	Ekme	Enkapsüle tuz	%50
Kremer (2013)	Ekme	Soya sosu	%17.6
Brinsden vd. (2013)	Ekme	Azaltma	%20
Konitzer vd. (2013)	Ekme	Tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi	%25
Bassett vd. (2014)	Ekme	%50 NaCl yerine CaCl ₂ ve CaCO ₃	%50
Miller ve Jeong (2014)	Ekme	Düşük sodyum içerikli deniz tuzu	%57, %64
La Croix vd. (2015)	Sandviç ekmeği	Azaltma	%30
Diler vd. (2016)	Ekme	Enkapsüle tuz	%25
Georges vd. (2018)	Pide	Ag-NaCl and NaCl-KCl	%25.6, %12.1
Antúnez vd. (2018)	Ekme	KCl ile kısmi ikamesi	%30
Reißner vd. (2019)	Buğday ekmeği	K, Ca, Mg tuzlarının kombinasyonu ile kısmi ikamesi	%50
Dziki vd. (2021)	Buğday ekmeği	Tuz azaltımı ve sumak unu	%66.70

Çizelge 2. Et ve et ürünlerinde sodyum azaltımına yönelik çalışmalar

Referans	Ürün	Azaltma stratejisi	% Azaltma
McGough vd. (2012)	Sosis	Soya sosu+KCl	%20
Almlı vd. (2013)	Füme somon	KCl ile kısmi ikamesi	%33
Carvalho vd. (2013)	Marine edilmiş sığır ve tavuk eti	KCl ile kısmi ikamesi	%50
Jungbunzlauer (2013)	Jambon ve emülsifiye sosis	Sub4salt	%30
Galvão vd. (2014)	Hindi jambonu	Mikronize sodyum klorür	%30
Corral vd. (2014)	Fermente sucuk	KCl ile kısmi ikamesi	%25
Pietrasik vd. (2014)	Yeniden yapılandırılmış jambon	Düşük sodyum içerikli deniz tuzu	%30, %48
Tamm vd. (2016)	Jambon	Yüksek basınç+KCl	%45
Nuwanthi vd. (2016)	Kurutulmuş balık	Tuz azaltma ve baharat (zerdeçal, acı biber, biber)	%60
Rizo vd. (2017)	Tütsülenmiş alabalık	KCl ile kısmi ikamesi	%42
Pires vd. (2017)	Salam	Ticari ikame PuraQ®Arome Na4 ile kısmi değişimi	%34.64
Nielsen vd. (2020)	Somon pate	Saltwell® ile kısmi ikamesi	%22
Hu vd. (2020)	Kurutulmuş fermente sucuk	Azaltma	%20
Xiong vd. (2019)	Sosis	Yenilebilir tuz kaplama kullanılarak homojen olmayan tuz dağılımı (jelatin içeren tuzlu kaplama solüsyonları)	%60-%81
Raybaudi-Massilia vd. (2019)	Pişmiş jambon, hindi göğsü ve şarküteri tipi sosis	SODA-LO® ile kısmi ikamesi	%21.9, %10, %30.7
Munoz vd. (2020)	Füme somon	KCl ile kısmi ikamesi	%25-%50
Demirtas Erol vd. (2021)	Marine edilmiş hamsi	KCl ile kısmi ikamesi	%50
Silva Araujo vd. (2021)	Dondurulmuş keçi sucuğu	KCl, MgCl ₂ , CaCl ₂ ile kısmi ikamesi	%17.6

Çizelge 3. Peynirde sodyum azaltımına yönelik çalışmalar

Referans	Ürün	Azaltma stratejisi	% Azaltma
Gomes vd. (2011)	Minas taze peynir	KCl ile kısmi ikamesi	25%
Kamleh vd. (2012)	Hellim peyniri	KCl ile kısmi ikamesi	%30, %50
Karimi vd. (2012)	Feta peyniri	KCl ile kısmi ikamesi+Ultrafiltrasyon	Yüksek duyuşsal kabul edilebilirlik sağlamıştır.
Grummer vd. (2013)	Çedar	KCl ile kısmi ikamesi	%66
Grummer vd. (2013)	Çedar	Hidrolize bitkisel protein / maya özütü karışımı; potasyum bloker tipi toz; disodyum 50 inosinat; %60 disodyum 50 guanilat	
Rodrigues vd. (2014)	Mozzarella	KCl ve monosodyum glutamat ile kısmi ikamesi	%54
Chavhan vd. (2015)	İşlenmiş mozzarella peyniri	KCl ve potasyum bazlı emülsifiye edici tuzlar (potasyum sitrat ve di-potasyum fosfat)	%27
Czarnacka-Szymani ve Jezewska-Zychowicz (2015)	Peynir	Azaltma	%15
Khetra vd. (2016)	Çedar	Hidrolize bitkisel protein ve adenozin-50-monofosfat ile kısmi ikamesi	Kontrol ile eşit düzeyde duyuşsal özellik sağlamıştır.
Baptista vd. (2017)	Prato peyniri	Azaltma	%25
Costa vd. (2018)	Coalho peyniri	KCl ile kısmi ikamesi	%50
Costa vd. (2019)	Minas Padrão peyniri	KCl ile kısmi ikamesi	%25
Mozuraityte vd. (2019)	İşlenmiş peynir ezmesi	Potasyum fosfat veya sitrat ile kısmi ikamesi	%15
Lučan vd. (2020)	Krem peynir	Ticari tuz ikamesi Salut	%35
Diaz-Bustamante vd. (2020)	Costeño Tipi El Yapımı Peynir	Azaltma+pişirme sıcaklığının artırılması	%50, %75

Çizelge 4. Diğer gıda ürünlerinde sodyum azaltımına yönelik çalışmalar

Referans	Ürün	Azaltma stratejisi	% Azaltma
Kremer vd. (2013)	Kremalı domates çorbası konsantresi	Soya sosu	%24.4
Goh vd. (2010)	Domates çorbası	Soya sosu	%33
Goh vd. (2010)	Salata sosu	Soya sosu	%50
Moncado vd. (2015)	Peynirli kraker	Boyut küçültme (1.5 µm))	%25-50
Freire vd. (2015)	Kibrit patates	Tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi (97, 37, %39, % 46, %50 ve 30 ve 26 µm)	%51
Rodrigues vd. (2016)	Kibrit patates	Tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi (60-88 µm)	%69
Mueller vd. (2016)	Pizza	Azaltma	%10
Mueller vd. (2016)	Pizza	KCl ile kısmi ikamesi	%30
Mueller vd. (2016)	Pizza	Tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi	%25
Mueller vd. (2016)	Pizza	Tuzun bir kısmının püskürtülmesi	%25
Silow vd. (2018)	Milföy hamuru	Ekşi hamur (%10)	%30
Rios-Mera vd. (2019)	Etlı sandıç	Mikronize tuz	%33.3
Li vd. (2020)	Yarı katı gıda jeli (bezelye nişastası jeli)	Protein/arap zımkı koaservatlarının homojen olmayan uzaysal dağılımı	%30
Vinitha vd. (2021)	Patates cipsi	Tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi (sprey kurutma ve elektrohıdrodinamik atomize kurutma)	%58.7, %65.3
Vasques vd. (2020)	Kraker	Kaplama	%42.50

İşlenmiş gıdaların üretimindeki artış, hızlı kentleşme, değişen yaşam tarzları ve beslenme düzenleri, diyet örüntüsünde değişime sebep olmuştur (Purdy, 2019). Toplumlar daha fazla işlenmiş (hazır) ve ambalajlı/paketli gıda tüketmeye başlamış ve bu süreç dünyanın dört bir yanındaki insanların, doymuş yağ, trans yağ, şeker ve tuz bakımından yüksek, enerji yoğun gıdaları tüketmesine neden olmuştur (İlgaz ve Yarangümel, 2019). Sanayileşmiş ülkelerde diyet tuzunun yaklaşık %75-80'i işlenmiş gıda tüketimiyle elde edilirken, %5-10'u diyeti oluşturan gıdalarda doğal olarak oluşur ve kalan %10-15 pişirme sırasında veya yemek sırasında eklenen tuzdan gelir (WHO, 2013). Bunun aksine, gelişmekte olan ülkelerde, baharat için kullanılan tuz çok daha önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelinde, işlenmiş gıdaların sodyum içeriği, doğal besinlerden kat kat daha yüksektir. Diyetdeki sodyumun çoğu, unlu mamuller, işlenmiş etler, sebze bazlı yemekler, çorbalar, süt ürünleri, et suyu ve soslar, baharatlar, patates cipsi ve tuzlu atıştırmalıklar gibi işlenmiş gıdalardan gelmektedir (Health Canada, 2018). Sodyum alımının başarılı bir şekilde azaltılabilmesi için, hem işlenmiş gıdalardaki sodyum içeriğinin düşürülmesine hem de tüketici davranışlarında bir değişikliğe ihtiyaç duyulmaktadır (Arcand vd., 2016).

Tuzun azaltılması, gıdaların işleme özellikleri (işlemeyi ve ürün kalitesini etkiler), duyuşsal kalitesi (lezzet - tüketicinin kabulünü ve satın alma davranışını etkiler) ve raf ömrü (koruma ve kamu güvenliğini etkiler) ile yakından ilişkili olup sodyumun azaltılması genellikle bu faktörleri içeren çok boyutlu bir işlemdir (Mitchell, 2019). Bu nedenle, duyuşsal kaliteyi ve işleme kalitesini etkilemeden gıda ürünlerinin tuz içeriğini düşürmek oldukça güçtür. Son zamanlarda, endüstri ve akademi, gıdalardaki sodyum konsantrasyonunu ve akabinde insan vücudu tarafından sodyum alımını azaltma üzerine yoğunlaşmıştır.

Tuzun azaltılması ürünün duyuşsal algılarında değişikliklere yol açtığı için, işlenmiş gıdalardaki sodyum azalması tüketicinin tercihini ve gıdalardan memnuniyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, tuz azaltımı için gıda reformülasyonu üzerine yapılan çoğu çalışma,

ürünün duyuşsal özelliklerine ve hedonik algıya odaklanmıştır (Inguglia vd., 2017).

Sodyum azaltma işleminin başında sorulması gereken dört temel soru vardır:

1. Ürüne neden sodyum eklenir?
2. Sodyum içeriği nedir?
3. Üründeki sodyum kaynakları nelerdir?
4. Sodyumu azaltmak için ne yapılabilir? (Mitchell, 2019).

Gıda ürünlerinde sodyumun azaltılmasına yönelik mevcut yaklaşımlar, esas olarak gıda formülasyonlarında tuzun kaldırılması ve kademeli sodyum azaltımı, sodyumun tuz ikameleri ile değiştirilmesi, lezzet arttırıcıların kullanımı, sodyum salınımını ve taşınmasını optimize etmek için gıda yapısının yeniden tasarlanması, tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi ve yeni teknolojilerle tuz difüzyonunun geliştirilmesi ve koku-tat interaksyonları gibi stratejileri içermektedir (Inguglia vd., 2017; Hoppu vd., 2017; Bhat vd., 2019).

Tuz miktarının doğrudan azaltılması

Bu strateji, sodyum klorürün bir formülasyondan değiştirilmeden veya telafi edilmeden çıkarılmasını içermektedir. Bazen bir formülasyondaki tuz konsantrasyonu, işlevini (tat, koruma, doku veya görünüm) karşılamak için gereken miktarı aşabilmektedir. Örneğin, tek sodyum kaynağı ilave tuzdan geliyorsa ve yalnızca tat için eklenmişse, potansiyel olarak tamamen uzaklaştırılabilir. Bununla birlikte, tuzun bir gıda sistemi içinde çok işlevli olduğu durumlarda, ürün kalitesini ve güvenliğini sağlamak için başka bileşenler ve/veya teknolojiler kullanılmalıdır. Çoğunlukla işlenmiş gıdalar (konserve mısır gibi) yalnızca tat etkisi için fazlaca tuzlanır. Bu tür ürünlerde tuz, ürün kalitesinde, güvenliğinde veya performansında olumsuz değişiklikler olmadan kolayca çıkarılabilmektedir. Bu strateji basittir ancak sınırlı sayıda işlenmiş gıda ürünü için geçerlidir (İsrar vd., 2016).

Gıda üreticileri, tadı değiştirmeden bu şekilde sodyum azaltımını ele alma konusunda bir ikileme karşı karşıyadır, çünkü trendler tüketicilerin daha sağlıklı gıdaları tercih ettiğini gösterse de tat en kritik satın alma faktörü olmaya devam etmektedir.

Tuz miktarının kademeli azaltılması

Sodyum tüketimini azaltmaya yönelik mevcut yaklaşımlar arasında, tuzun gizlice (tuz konsantrasyonu, tat, koruma, görünüm ve doku dahil tüm işlevlerini elde etmek için gereken miktarı aştığı sürece) zaman içinde kademeli olarak azaltılması yer almaktadır. Bu kademeli yaklaşım nedeniyle, tuzlulukta değişiklik tüketiciler tarafından tespit edilememektedir. Bu yaklaşımdan elde edilen en önemli sonuç, tüketiciler tarafından belirlenen, görünür organoleptik farklılıklar olmaksızın ürünün algılanan tuzluluğunun azalmasıdır. Bu stratejinin, birçok işlenmiş gıdanın sodyum içeriğinin üç yıl içinde %20-30 oranında azaldığı Birleşik Krallık'ta başarılı olduğu gösterilmiştir (Inguglia vd., 2017).

Bu yöntem, sodyum tüketimini azaltmaya yardımcı olabilese de bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Her şeyden önce, zaman alıcı bir yaklaşımdır ve yatırım gerektirir. Ek olarak, etkili olabilmesi için endüstri çapında bir ölçekte uygulanması gerekir. En önemlisi de büyük ölçüde tüketicinin daha az tuzlu ürünlere adaptasyonuna dayanır (Inguglia vd., 2017). Daha az tuzlu bir tada adaptasyon sağlanabilse bile, genel olarak, ürünü tatsız hale getirmeden, sadece sınırlı miktarda tuz gerçekçi bir şekilde azaltılabilir. Duyusal ve mikrobiyolojik kaliteye dayalı ürünler için bu yaklaşımın doğal bir sınırı olacaktır. Bu sınırlara ulaşıldığında ve daha fazla sodyum azaltımına ihtiyaç duyulduğunda, farklı bir strateji kullanılmalıdır (Silow vd., 2016).

Tat geliştiricilerin veya değiştiricilerin kullanılması (Lezzet arttırıcıların kullanılması)

Tat arttırıcılar veya değiştiriciler kullanılarak gıdaların tat profilini değiştirmeden sodyum oranı azaltılabilmektedir. Bu maddeler, kendi başlarına tuzlu bir tada sahip olmayan, ancak sodyum klorür ile birlikte kullanıldıklarında tuz tadı ve yoğunluk beklentileriyle eşleşen gelişmiş bir tuzlu lezzet sağlarlar. Bu şekilde %30-%50 oranında sodyum azaltımının mümkün olduğu öngörülmektedir (Israr vd., 2016)

Tat arttırıcılar, gıdanın tadını doğrudan değiştirmeyen, ağız ve boğazdaki tat reseptörlerini

aktive ederek, tuzu azaltmaya, tuzun azaltılması sonucu ortaya çıkan lezzet kaybını telafi etmeye ve lezzeti arttırmaya yardımcı olur. Bazı lezzet arttırıcılar umami tadı algılayan reseptörleri uyarak gıdanın lezzet dengesini değiştirir ve bu tat düşük sodyumlu ürünlerin lezzetini artırır (Silow vd., 2016). Bu artışı, büyük miktarlarda doğal olarak oluşan glutamik asit içeren bezelye ve domates gibi bileşenlerle veya glutamik asit ile sinerji içinde işlev gören nükleotidler gibi diğer güçlendiricileri içeren Shitake mantarları ile elde etmek mümkündür (dos Santos Harada-Padermo vd., 2021).

Pratikte, monosodyum glutamat (MSG), maya özütleri, hidrolize bitkisel proteinler (HVP), peptidler, acı engelleyiciler, yüksek oranda nükleotid içeren bileşenler (disodyum guanilat, disodyum inosinat), otlar ve baharatlar, soya sosu, glisin ve mentol, mentil laktat ve diğer yan ürünler gibi tuz arttırıcı türleri mevcuttur (Nakagawa vd., 2014; Inguglia vd., 2017; Ilgaz ve Yarangümeli, 2019).

Bu bileşenler, (1) birincil tat, (2) tat iyileştirme veya (3) spesifik tada dayalı bir tat profili oluşturmak için kullanılabilir. HVP ve bazı maya ürünleri, örneğin tat profiline hem temel tat hem de zenginleştirme olmak üzere iki boyut kazandırırken, monosodyum glutamat, guanilat ve inosinat ve diğer tuzlar, tat profilinin sadece bir alanında, yani tat arttırmada etkilidirler ve bu tür bileşenlerle birlikte üründe tuzun kullanılması gerekmektedir (Mitchell, 2019).

Mineral tuzların kullanılması

Potasyum klorür, potasyum sülfat, kalsiyum klorür, magnezyum sülfat, magnezyum klorür, konsantre süt mineralleri ve indirgenmiş sodyum deniz tuzları dahil olmak üzere sodyum klorür yerine başka mineral tuzların kullanılması mümkündür. Genelde bu tuzların tadı tek başına kullanılmaya uygun olmadığı için farklı oranlarda karışımlar halinde kullanılabilirler, ancak olumsuz tatları sıfırlamak veya dengelemek üzere karışım oluşturmak zor bir süreçtir (Hoppu vd., 2017).

Ticari olarak temin edilebilen mineral karışımlarının çoğu, genellikle acılığı veya metalik tatları maskeleyen için başka bileşenler içerir veya karışımın umami kalitesini arttırmak için glutamat, maya özleri veya aromalar gibi tat arttırıcılar kullanılır (Pedro ve Nunes, 2019).

Ticari olarak temin edilebilen tuz ikame maddelerinin mineral tuz bileşimi önemli ölçüde değişiklik gösterir ve bu maddelerin tat, koruma ve işlevselliği her zaman eşdeğer sodyum indirgeme seviyelerinde karşılaştırılmalıdır. Bu farklı kaynaklar arasındaki temel farklar, potasyum, magnezyum ve kalsiyum içeren katyonların mutlak konsantrasyonlarından kaynaklanmaktadır (katyon /anyon dengesi ve eser elementler). Bazı mineral kaynakları çok sayıda katyon ve farklı anyon içerir ve bu farklılıklar, depolama stabilitesi, tat, koruma ve gıda işlemedeki fonksiyonellik derecelerini etkiler (Mitchell, 2019).

Mineral tuzlar, özellikle istenmeyen mikroorganizmaların büyümesinin kontrol edilmesinde fayda sağlamaktadır. Genel olarak potasyum klorürün, molar bazda ikame edildiğinde sodyum klorür ile mikrobiyal büyüme üzerinde benzer bir etkiye sahip olduğu kabul edilmiştir. Farklı tuzların ozmotik etkilerinin ağırlıklarına değil molar konsantrasyonlarına bağlı olduğuna da dikkat çekilmiştir (Reißner vd. (2019).

Reißner vd. (2019) yaptıkları çalışmada, sodyum azaltımının, hem hamur hem de ekmekek özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. %50 NaCl, sistematik olarak farklı KCl, MgCl₂ ve CaCl₂ kombinasyonları ile ikame edilmiştir. Bulgular, genellikle iki değerlikli katyonların, hamur ve ekmekek özelliklerini tek değerlikli katyonlardan daha fazla etkilediğini göstermiştir. Kalsiyum içeriği arttıkça mayalı hamurların sertliğinin azaldığını, ekmekek içi yapısı, ekmekek hacmi ve duyuusal alğının da iki değerlikli katyonlardan etkilendiğini ve bu durumun zayıflamış bir protein ağından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bunun aksine, potasyumun, hamur sertliği ve uzayabilirliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Hamur sertliği, ekmekek içi

yapısı ve kabuk sertliği açısından ürün kalitesinin referans ile karşılaştırılabilir olduğu ve duyuusal özellikleri olumsuz yönde etkilemeden %50'ye kadar sodyum klorür indirgemesinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca küçük miktarlarda magnezyum klorür uygulanması da olumlu sonuçlar vermiştir.

Munoz vd. (2020), sodyum azaltma ve tütsüleme sisteminin, füme somon balığının kalitesi ve güvenliği üzerine etkisini inceledikleri çalışmada NaCl'yi %25 ve %50 (molar ikame) oranlarında KCl ile ikame etmişler ve aynı zamanda iki tütsüleme işlemi (doğal ahşap ve sıvı duman/sıcak ve soğuk tütsü) ve iki farklı tütsüleme sıcaklığının (18-19°C ve 50°C) etkilerini de kombinasyon halinde incelemişlerdir. Füme somon örneklerinde, fizikokimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, uygulanan işlemler arasında fizikokimyasal özellikler açısından önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir. %50 KCl ile ikame edilen tütsülenmiş somon örneklerinin, %25 KCl ile ikame edilen örneklere göre biraz daha acı bir tada sahip olduğu ancak %25 KCl ile ikame edilen örnekler ile referans örnek (indirgenmemiş Na içeriğine sahip olan örnek) arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik değerlendirme, 2 haftalık raf ömrünün, öngörülebilir depolama sıcaklıkları (8°C'ye kadar) dikkate alınarak, AB yönetmeliğinin gerçekleştirilmesi açısından uygun ve güvenli olacağını göstermiştir. Araştırmacılar, NaCl'nin KCl ile ikamesinin (%50'ye kadar) deniz ürünleri endüstrisinde, somon füme hazırlanmasında, Na seviyelerini düşürmek için uygulanabileceğini ve böylece daha sağlıklı ve güvenli bir ürün eldesi ile işlenmiş ürünlerde evrensel Na azaltma politikasına ve uzun vadeli toplumsal sağlık yararlarına katkıda bulunabileceğini ifade etmişlerdir.

Costa vd (2018) ise yaptıkları çalışmada düşük sodyum içerikli peynir üretmişler ve NaCl'nin KCl ile kısmi ikamesinin (100:0; 70:30; 50:50; ve 30:70 (NaCl: KCl)) peynirin özellikleri üzerine etkileri 60 gün boyunca soğuk depolamada incelenmiştir. Kısmi sodyum ikamesinin, peynirlerin fizikokimyasal özelliklerini, pH'yı, proteoliz

indekslerini, su aktivitesini ve erime davranışlarını etkilemediği ancak proteoliz, sertlik ve çiğneme özelliklerinin depolama süresinden önemli ölçüde etkilendiği bulunmuştur. Peynirlerin mineral bileşiminde ve yağ asitleri profilinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Peynir örnekleri arasında, koliform (30°C'de ve 45°C'de), filamentli mantarlar ve mayalar ile *Staphylococcus aureus* sayılarında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Duyusal analiz testi sonucunda ise %50'den yüksek ikame seviyeleri için daha düşük kabul puanları gözlenmiştir. Bu nedenle, NaCl'nin, KCl ile %50'ye kadar kısmi ikamesi ile Coalho peynirindeki sodyum azaltımının, bu ürün için uygun bir alternatif olabileceği açıklanmıştır. Rodrigues vd. (2016), kibrit patateslerde sodyum oranını düşürmek amacıyla NaCl, KCl ve monosodyum glutamat karışımından oluşan 117 µm boyutlarında bir tuz kullanmış ve sodyum içeriğinin ürünün duyusal kalitesini etkilemeden %69'a kadar azaltılabileceğini tespit etmişlerdir.

İkame maddelerinin kullanılması

Ticari olarak temin edilebilen tuz ikamelerinin kullanılmasıyla eklenen tuzun tamamen değiştirilmesi mümkündür. Fiziksel olarak değiştirilmiş sodyum klorür kristalleri, mineral tuzları, fosfatlar veya tuz ikamesi için tek durak bir çözüm sağlayan mineral tuzları veya tat arttırıcı/düzenleyici bileşenlerin karışımlarını kullanan birçok ticari tuz ikamesi mevcuttur. Bu ticari tuz ikame bileşenleri, tuz gibi işleme sırasında kullanılmak üzere tasarlanmış farklı fiziksel biçimleri içerir (nano kristaller, daha ince tuz kristalleri, ko-kristaller, aglomeratlar, harmanlar ve bileşenlerin karışımları). Bu durum, eklenen tüm sodyum klorürün bu tuz ikameleri ile değiştirilebileceği anlamına gelmez. Genellikle tuz ikameleri de sodyum klorür içerir, ancak bu stratejiyi kullanırken %50-%60 tuz azaltımı mümkündür. Bu kombinasyonlar, bir formülasyona eklenen tüm tuzların bire bir ikamesi olarak tasarlandıklarından ürün geliştirme sürecini çok daha hızlı hale getirebilir (Mitchell, 2019).

Son yıllarda Pansalt®, Sub4salt®, Lo Salt®, Saltwell® ve SODA-LO® Salt Microspheres gibi daha düşük sodyum içerikli (sodyum klorürden

yaklaşık %35 daha düşük) tuz karışımları test edilmiş ve ticarileştirilmiştir (Petit vd., 2019).

Raybaudi-Massilia vd. (2019) yaptıkları çalışmada, pişmiş jambon, hindi göğsü ve şarküteri tipi sosislerde, NaCl'nin ticari tuz ikamesi olan SODA-LO® ile kısmen azaltılmasının (%50'ye kadar), eğitilmiş panelistler tarafından değerlendirilen duyusal özellikleri ve et ürünlerinin mikrobiyolojik özelliklerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Ancak NaCl ile karıştırılmadan sadece SODA-LO® kullanıldığında, özellikle yüksek nemli ürünlerde tuzluluk algısından ödün verilebileceği belirtilmiştir.

Soteras vd. (2019) yaptıkları çalışmada sodyum oranı azaltılmış kuzu etli burger üretmek amacıyla yağ ile karıştırılmış SODA-LO® kullanmış ve ürünün tuzlu tadını, teknolojik özelliklerini ve tüketici tarafından kabulünü değiştirmeden sodyum içeriğinin %14.75 oranında azaldığı bildirilmiştir.

Nielsen vd. (2019) sodyum içeriği azaltılmış somon pate üretmek amacıyla yeni bir formülasyon üzerine yoğunlaştıkları çalışmada, NaCl'nin kısmi ikamesi olarak sodyum klorür ve potasyum klorür karışımı içeren, doğal olarak oluşan bir tuz olan Saltwell®'i kullanmışlardır. Üç farklı sodyum konsantrasyonuna sahip somon balıklarında, mikrobiyolojik, duyusal ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve NaCl'nin %80'inin Saltwell® ile ikamesinin, ürünün mikrobiyolojik ve besleyici nitelikleri korunurken sodyum içeriğinde %22'lik bir azalma sağladığı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, mikrobiyolojik güvenliğin yanı sıra önemli duyusal ve fizikokimyasal özelliklerin azaltılmış sodyum oranlarında korunduğunu ve dolayısıyla kalitenin orijinal ürüne benzer olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Dolayısıyla Saltwell® tuz karışımının, kalite ve güvenlikten ödün vermeden sodyum içeriği azaltılmış deniz ürünleri üretiminde sodyum klorüre uygun bir alternatif olduğu ifade edilmiştir.

Pires vd. (2017), yaptıkları çalışmada farklı sodyum indirgeme seviyelerinin (kontrol (%2 NaCl) ve NaCl'nin sırasıyla ticari bir ikame olan

PuraQ®Arome Na4 ile %20, %40 ve %60 oranlarında ikamesi), salamin, fizikokimyasal özellikleri, mikroyapısı ve duyuşsal kabulü üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, sodyum içeriğinde %43.27'lik (%60 PuraQ®Arome Na4 ile ikamesi) bir azalmanın, ürünün mikroyapısını, emülsiyon stabilitesini ve dokusunu etkileyerek tüketicinin kabulünde bir azalmaya neden olduğunu bunula birlikte sodyum içeriğinin %34.64 (%40 PuraQ®Arome Na4 ile ikamesi) oranında azaltılmasının, salamların özelliklerini etkilemediğini göstermiştir. Daha sağlıklı bir ürün elde etmek ve duyuşsal kaliteyi korumak için test edilen koşullarda %40 tuz ikamesinin uygun olabileceği açıklanmıştır.

Luan vd. (2020) krem peynirde, sodyum içeriğinin indirgenmesi üzerine yaptıkları çalışmada %100 NaCl (kontrol), %65'e indirgenmiş NaCl, KCl ile ikame edilmiş %35 NaCl ve aromalı maskeleme bileşiği içeren KCl bazlı tuz karışıımı Salut® olmak üzere dört farklı sodyum içeriğine sahip krem peynir üretmişler ve düşük sodyumlu bu krem peynirlerin, fizikokimyasal özellikleri, sürülebilirliği ve tüketiciden tarafından kabulünü değerlendirmişlerdir. Sodyum azaltımının, krem peynirin, protein, yağ ve nem içeriği, su aktivitesi, asitliği ve krem rengini etkilemediği bulgulanmıştır. Bununla birlikte, farklı tuz muamelesinin, mineral bileşimi, yayılabilirlik/sürülebilirlik ve duyuşsal özellikleri önemli ölçüde etkilediği saptanmıştır. Tuzun doğrudan azaltıldığı peynir örnekleri, çok asidik ve tuzlu değil ve yeterince lezzetli olarak algılanmazken, potasyum klorür içeren numuneler acı olarak algılanmıştır. Tat, sürülebilirlik ve genel beğenmede bir farklılık gözlemlenmesine rağmen, tüm krem peynir numuneleri iyi bir tüketiciden kabulü göstermiş ve acı maskeleme maddeleri içeren potasyum tuzu karışıımından oluşan ticari tuz ikamesi Salut® içeren peynirin, kontrole kıyasla en yakın hedonik puana sahip olduğu gözlenmiştir. Mevcut araştırma, tüketicinin kabulünden ödün vermeden, besin açısından değerli potasyum bazlı bir tuz karışıımı kullanılarak, krem peynirde sodyum içeriğinin %35 oranında azaltılabileceğini göstermiştir. İncelenen örneklerde peynirin sürülebilirliğinin zayıf olduğu ve bu nedenle yüksek yayılabilirliğe

sahip krem peynirin geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Diğer sodyum tuzları için fonksiyonel ikame bileşenleri olarak potasyum bikarbonat, sistein, glukono-delta-lakton, monokalsiyum ve dikalsiyum fosfat-kalsiyum asit pirofosfat, fonksiyonel proteinler, gluten güçlendirici enzimler, potasyum fosfatlar, potasyum sitrat, kalsiyum fosfat, deniz yosunu, laktatlar — potasyum-, sodyum- ve kalsiyum-laktat gibi maddeler de kullanılabilmektedir (Kloss vd. 2015; Ilgaz ve Yarangümel, 2019).

Mozuraitye vd. (2019), işlenmiş peynir ezmesinde sodyum azaltımı ve bu işlemin peynirin fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, emülsifiye edici disodyum fosfat tuzunun %15'inin potasyum fosfat veya sitrat ile ikame edilmesinin, nihai ürünün pH, viskozite ve reolojik özelliklerini etkilemediğini, tüketiciden tarafından büyük çoğunluğunun kabul edilebilir olarak değerlendirildiğini ve dolayısıyla sodyum tuzlarının potasyum tuzları ile ikame edilmesiyle sodyumun %15'inin azaltılabileceğini göstermiştir.

Tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi

Tuzun fiziksel özellikleri tuzluluk algısını etkilemektedir. Tuzun, partikül boyutu, morfolojisi ve uzamsal yapısı gibi fiziksel özelliklerinin değiştirilmesi, tuzun ağızda çözünmesini ve dağılım oranını iyileştirebilir ve böylece sodyum içeriğinin azaltılmasında etkili bir yaklaşım olabilir (Sun vd., 2020).

Partikül boyutu

Tuz algısındaki artış, tuz kristallerinin boyutuna bağlıdır. Tuz partiküllerinin küçük olması, reseptörler tarafından algılanan tuzluluk oranını arttırmaktadır. Bu durum, daha küçük tuz partiküllerinin daha büyük bir yüzey alanına sahip olmasından kaynaklanmakta ve böylece tuz tükürükte daha fazla çözünmekte ve tat reseptörleri ile etkileşimi artmaktadır (Freire vd., 2015). Vinitha vd., (2021) tarafından yapılan çalışmada, nano boyutlu tuz partiküllerinin yüksek çözünme hızı nedeniyle daha yüksek tuzluluk potansiyeli gösterdiği tespit edilmiştir. 60 µm ve 88 µm'lik iki küçük partikül boyutundan oluşan bir tuz karışıımı, 117 µm partikül boyutuna sahip

tuzla karşılaştırıldığında duyusal kaliteyi önemli ölçüde değiştirmeden %69'luk bir sodyum indirgemesi sağlamıştır (Rodrigues vd., 2016). Freire vd. (2015), tuzun partikül boyutunun, kibritle patateslerin tuzluluk algısı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, 383 µm'lik tuz partikülleri ile eşdeğer bir tuzluluk elde etmek için, 97, 37, 30 ve 26 µm'lik katı tuzlar kullanmışlar ve azalan partikül boyutuna bağlı olarak kibritle patateslerde sırasıyla %39, %46, %50 ve %51 oranında tuz azaltımının sağlandığını bulgulamışlardır (Freire vd., 2015).

Nano-sprey kurutma ile üretilen katı tuzların partikül boyutu, ticari tuzdan 1000 kat daha küçük olup yaklaşık 1 µm'dir. Bu yöntemle elde edilmiş nano boyuttaki tuzun peynirli krakerlere ilave edilmesi, tuzluluktan ödün vermeden tuz konsantrasyonunda %25–50 oranında bir düşüş sağlanmış ve tüketicilerin satın alma tercihini %25 oranında artırmıştır (Moncada vd., 2015). Püskürtmeyle kurutmanın yanı sıra, elektrohidrodinamik atomize kurutma (EAD) yöntemi de tuzların boyutunu değiştirmek amacıyla uygulanmış ve elde edilen 520 nm boyutundaki tuzlar, daha düşük konsantrasyonlarda daha yüksek tuzluluk potansiyeli göstermiş ve sodyum içeriğinde %65'e kadar bir azalma sağlanmıştır (Vinitha vd., 2021).

Morfoloji

Tuzun kristal morfolojisinin değiştirilmesi, tuzun çözünmesini hızlandırmak, tuzluluk algısını arttırmak ve gıdalarda kullanılan tuz miktarını azaltmak için kullanılabilir. Kristallerin çözünme hızının, önemli ölçüde dairesellik, en-boy oranı ve alan/çevre oranı gibi morfolojilerine bağlı olduğu bulunmuştur (Emorine vd., 2014). Ticari olarak temin edilebilen tuzlar, yeraltı kaya tuzu yataklarından, deniz suyundan ve doğal tuzlu sudan elde edilmektedir. Kaya tuzları küp şeklindedir ve pürüzsüz bir yüzeye, yüksek yoğunluğa, daha az çatlak ve gözeneğe sahiptir ve bu nedenle çözünme hızı yavaştır ve dolayısıyla tuzluluğu düşürmektedir (Quilaqueo ve Aguilera, 2015). Bununla birlikte, deniz tuzları, düzensiz, pürüzlü yüzey, yumrulu tuz kümeleri olan ve çözüldüklerinde küçük parçalara ayrılma eğiliminde olan kümelenmiş tuzlardır. Bu tuzlar,

büyük kristallere tutunmuş küçük kristallerle, küçük aglomere kristallerden oluşur (Quilaqueo vd., 2015). Deniz tuzları, yüksek gözenekliliğe ve daha yüksek çözünme oranına sahip olduğundan tuzluluk dereceleri kaya tuzlarından daha yüksektir. Daha yüksek tuzluluğa sahip başka bir deniz tuzu türü ise, daha geniş bir yüzey alanına ve düşük yoğunluğa sahip olan pul tuzudur. Bu özellikleri onlara daha iyi çözünürlük sağlamak ve kübik tuzlarla karşılaştırıldığında et ürünlerinin su ve yağ bağlama özelliklerini iyileştirebilmekte ve pişirme kayıplarını azaltabilmektedirler (Inguglia ve ark., 2017). Ayrıca, kübik olmayan ve aglomere kristaller, yüksek tuzluluk algısı ile bağlantılı olan yüksek bir çözünme hızı gösterir (Quilaqueo ve ark., 2015). İçi boş bir piramit yapısı ve nispeten pürüzlü bir yüzeye sahip olan piramidal deniz tuzları daha az daireseldir ve bu durum artan yüzey alanı, daha hızlı çözünme hızı ve gelişmiş tuz algısı ile sonuçlanmaktadır.

Uzaysal yapı (Spatial structure)

Tuz kristallerinin farklı uzaysal yapıları, evaporasyon işleminin proses koşullarının kontrol edilmesiyle elde edilebilir. Geleneksel kurutma ve öğütme yöntemi ile karşılaştırıldığında, püskürtmeli kurutma, katı tuz parçacıklarının yapısını değiştirme ve içi boş tuz kristalleri üretme açısından etkili bir teknolojidir (Aaltonen vd., 2009) İçi boş bir yapıya sahip tuz kristalleri, tat reseptörleri için daha uygun olup çözünme oranını iyileştirir. Daha düşük tuz içeriğinde istenen tadı sağlar ve sodyum alımını azaltmak için kullanılabilir. NaCl'nin, KCl ile ikame edilmesi ve püskürtülerek kurutulması ile üretilen tuz partiküllerinin pürüzlü ve içi boş bir yapıya sahip olduğu ve daha yüksek tuzluluk sağladığı tespit edilmiştir (Chindapan vd., 2018).

Püskürtmeli kurutma ile birlikte polisakarit ilavesi, tuz kristallerinin uzamsal yapısını değiştirmiş ve içi boş tuz mikro küreleri üretmek amacıyla kullanılmıştır. NaCl'nin polisakaritlerle püskürtülerek kurutulması ile, NaCl kristallerinin büyük çoğunluğunun elde edilen mikrokürelerin yüzeyinde açığa çıktığı ve bu durumun kullanılabilirliklerini büyük ölçüde geliştirdiği ve tuzluluk algısını arttırdığı tespit edilmiştir (Yi vd., 2017).

Sodyum salınımını ve taşınmasını optimize etmek amacıyla gıda yapısının yeniden tasarlanması veya tat kontrastlarının yaratılması

Katı gıdalar için yapı tasarımı

Tuz, katı gıdaların lezzetinde, kalitesinde ve yapısında anahtar rol oynar ve bu nedenle katı gıda ürünlerinde sodyumun azaltılması ve istenen tuzlu tadın sürdürülebilmesi büyük bir zorluktur. Ekmek hamurunun bileşimindeki tuz, lezzet verme, maya aktivitesini kontrol etme, gluten ağını güçlendirme ve dolayısıyla hamurun gaz tutması ve son olarak pişirilmiş üründeki su aktivitesinin kontrolü ile bozulmanın azaltılarak raf ömrünün korunmasında oldukça önemlidir (O'Sullivan, 2020). Tipik katı gıdalardan biri olan ekmeğin, dünya çapında özellikle batı ülkelerinde temel gıda olarak tüketilmekte ve günlük tuz alımının ortalama %30'unu oluşturan gıdalardaki ana sodyum kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Sun vd.,2020).

Tat kontrastı, tat algısını uyumlu hale getirmek için kullanılan bir teknolojidir. Aynı zamanda tuzlu tat yoğunluğunu ve tüketicinin kabulünü korurken tuzu azaltma konusunda nispeten yeni bir stratejidir (Noort vd., 2012). Tat kontrastı, katı gıdalara yüksek tuzlu alanların dahil edilmesi veya tuzların homojen olmayan uzamsal dağılımının oluşturulmasıyla gerçekleştirilebilir (Israr vd., 2016).

Ekmek hamurunda, iri taneli tuzların kullanılması tuzlu tadı artırabilmektedir. Konitzer vd. (2013), ekmekte iri taneli NaCl kullanımının tuzluluğu önemli ölçüde artırdığını ve %25 oranında tuz azalmasına olanak tanıdığını belirtmişlerdir. İri taneli NaCl kullanımı, ekmekte homojen olmayan tuz dağılımına neden olmakta ve yüksek tuzlu alanlar yaratarak tuzlu tadı iyileştirmektedir. Bu durum kullanılan sodyum konsantrasyonunda, duyuusal kontrastın artmasına ve hızlandırılmış tuz tadı algısına olanak tanımaktadır. Başka bir çalışmada ise iri taneli NaCl (0.4-1.4 mm) tuzunun pizza hamuruna ilavesinin, hamurda yüksek tuzlu alanlar yarattığı ve %25 oranında sodyum azalması sağladığı bulgulanmıştır (Mueller vd., 2016). Homojen olmayan tuz dağılımı, doku niteliklerinde bir kayıp olmaksızın sodyum

içeriğinde %30'luk bir azalma sağlamıştır (Li vd., 2020).

Yapılan çalışmalar, enkapsüle tuzların kullanımının da tuz içeriğini azaltmak için etkili bir strateji olduğunu göstermiştir (Noort vd., 2012). Noort vd. (2012), yaptıkları çalışmada yağ kullanarak (kaplama materyali) enkapsüle ettikleri tuzu, ekmeğin hamurunda kullanmış ve enkapsüle tuzların, ekmeğin tuz içeriğinde %50'ye varan bir azalma sağladığını açıklamışlardır. Bununla birlikte, tuzluluğun tuz kapsüllerinin boyutuna bağlı olduğu bulgulanmıştır. Daha küçük boyuta sahip enkapsüle tuzlarla karşılaştırıldığında, daha büyük boyuttaki enkapsüle tuzların, tuzluluğu önemli ölçüde artırdığı ancak tüketicinin beğenisini azalttığı belirtilmiştir (Noort vd., 2012). Ayrıca, kaplama işlemi sırasında tuz çözünmesinin kinetik çalışması, enkapsülasyon işleminin, ekmeğin içindeki yüksek tuzlu noktaları korumanın etkili bir yol olduğunu göstermiştir (Diler vd., 2016). Kullanılan kaplama materyalleri, tuzun çözünmesi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Balmumunun, tuz tanesinin çözünmesini önlemede yağa göre daha etkili olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, tuz partiküllerinin çözünmesini geciktirmek amacıyla farklı kapsülleme materyallerinin etkisi üzerine daha derin çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, ekmeğin üretiminde bir artan bir azalan sırada tuz konsantrasyonları kullanılarak katmanlar elde edilmiştir. Bu tür yapılandırılmış ekmeğin, aynı tuzluluk seviyesinde tuz içeriğini, kontrole kıyasla %28 oranında azalttığı bulgulanmıştır (Noort vd.,2010). Genel olarak, heterojen tuz dağılımı, kabul edilebilirlik kaybı olmadan tuzlulukta önemli bir artış sağlamaktadır ve bu durum gıda ürünlerinde tuz oranını azaltmada güçlü bir yaklaşımdır.

Ekmek gibi katı gıdalarda tuz azaltımı, belirli gözenekli yapıların tasarlanmasıyla da sağlanabilir. Bunun nedeni, ekmeğin içinin gözenekli yapısının çigneme sırasında sodyum salınımını ve dolayısıyla tuzluluğunu etkilemesidir. İnce gözenekli yapıya sahip ekmeğe kıyasla iri gözenekli ekmekte, sodyum salınımının önemli ölçüde daha hızlı olduğu ve tuz algısını arttırdığı

tespit edilmiştir. Bu nedenle, ekmek içinin gözenekli yapısının uygun şekilde tasarlanması, ekmeğin tuz içeriğinin azaltılması konusunda yeni bir strateji olarak kullanılabilir (Pflaum vd., 2013).

Emülsiyon bazlı gıdalar için yapı tasarımı

Emülsiyonlar, bir sıvının başka bir sıvı ortamda (sürekli faz) damlacıklar (dağılan faz) halinde dağıldığı, iki karışmayan sıvıdan oluşan sistemlerdir (Berton-Carabin vd., 2018). Emülsiyonlarda, sürekli ve dağılan fazı yaygın olarak su ve yağ oluşturmaktadır. Sodyum suda çözüldüğünden, sodyumun gıda emülsiyonlarında salınımını lokalize ve manipüle etmek oldukça zordur. Bununla birlikte, dikkatli yapı tasarımı ve reformülasyon, emülsiyon bazlı gıdalardaki tuzun azaltılmasını mümkün kılmaktadır.

Su fazı ve yağ fazı, emülsiyon esaslı gıdaların en önemli yapısal birimleridir. Yağ fazı içeriğinin değiştirilmesi tuzluluk algısını etkilemektedir. Yağ içeriğinin tuzluluk üzerindeki etkisine ilişkin iki çelişkili varsayım önerilmiştir. İlk varsayımda, hidrofobik bileşikler olarak yağların dil yüzeyini kaplayabildiğini ve sodyum transferine karşı fiziksel bariyer işlevi görerek tuzluluğun azalmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte, yağın bariyer etkisi tam olarak gösterilememiştir. Diğer varsayım, yağların sodyum tadı reseptörünü hassaslaştırarak tuzluluğa karşı daha yüksek bir tepkiye ve dolayısıyla daha yoğun bir tat algısına yol açabileceğini belirtmektedir (Sun vd., 2020). Ek olarak, yağ türünün emülsiyon bazlı gıdaların tuzluluğunu, viskozitesini ve genel tadını önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur (Cerrato Rodriguez vd., 2017). Tuzu azaltılmış emülsiyon bazlı gıdalar tasarlanırken bu durum dikkate alınmalıdır. Son zamanlarda, yağın tuzluluk üzerindeki etkisinin tuz konsantrasyonuna bağlanabileceği öne sürülmüştür. Düşük tuz konsantrasyonlarında, su fazında artan yağ içeriği ve tuz konsantrasyonu ile tuzluluk artmaktadır. Yüksek tuz konsantrasyonlarında ise, yağ adhezyonu tuzluluğun azalmasında önemli bir etkiye sahiptir (Lima vd., 2018).

Genel olarak, aynı tuz konsantrasyonunda, su içinde yağ (O/W) emülsiyonu, yağ içinde su (W/O) emülsiyonundan daha tuzlu olarak

algılanacaktır (Kilscat ve Den Ridder, 2007) O/W emülsiyonu için tuz, dış sulu fazda çözündürülür ve bu nedenle, reseptör hücreleri tarafından doğrudan algılanabilir. Bununla birlikte, W/O emülsiyonu için tuz, iç sulu fazda lokalizedir ve reseptörlerle doğrudan temasa izin vermez. Bununla birlikte, O/W emülsiyonunun ve W/O emülsiyonunun tuzluluk değerlendirmesi, formüllerine ve emülsiyon yapısının oral işleme sürecinde transformasyonuna göre özel analiz gerektirir. Ayrıca, gıda sınıfı emülsiyon jelleri, ısıtma, asitleştirme ve enzim faaliyeti gibi yaygın gıda işleme faaliyetleriyle katı benzeri bir yapı gösterir. Bu tür jellerin varlığı, tuzun azaltılması nedeniyle zayıflamış matrisi kurtarmakta ve daha yoğun bir ağ sergilemektedir (de Souza Paglarini vd., 2021).

Çift emülsiyonlarda (W/O/W) tuz, iç sulu fazda, dış sulu fazda veya hem iç hem de dış fazlarda çözülebilir. Bu nedenle, tuz içeriğine ve konuma bağlı olarak değişen derecelerde tuzluluk üretmek mümkündür. En yüksek tuzluluk, tüm tuz iç sulu fazda çözüldüğünde elde edilmiştir. Ayrıca, tek emülsiyon ile karşılaştırıldığında, W/O/W emülsiyonu, tuz yalnızca iç sulu fazda lokalize ise, çok daha gelişmiş tuzluluk algısı sergiler (Kilscat ve Den Ridder). Bununla birlikte, çift emülsiyon genellikle tuzluluk algısını etkileyebilecek yüksek bir viskoziteye sahiptir. Bu nedenle, tuz indirgeme için çift emülsiyon tasarlanırken viskozitenin etkisi dikkate alınmalıdır.

Yarı katı gıdalar için yapı tasarımı

Katı ve sıvı gıdalara ek olarak, yarı katı jel gıdalardaki tuzun azaltılması kritik bir zorluk olmaya devam etmektedir çünkü tuz, yarı katı jel gıdaların tekstürü ve yapısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu durum tuz salınımı ve tuzluluk algısını etkilemektedir (Lima vd., 2018). Peynir, jel yapısının oluşumunu belirleyen ana bileşenlerin su, protein ve yağ olduğu tipik bir lipoprotein matrisidir (LPM). Bileşenlerin tek tek jel ağ yapısı ve ilgili tuzluluk algısı üzerindeki etkilerini anlamak oldukça önemlidir (Koliandris vd., 2010).

Genel olarak, lipoprotein matrislerinde su, protein ve yağ gibi ana bileşenler jel yapısının oluşumunu

belirler ve bu nedenle tuzluluk algısını etkiler. LPM model ürünler için daha düşük kuru madde içeriğinde, daha yüksek sodyum salınımı bulunmuştur. Bu durum, yüksek su içeriğinden dolayı tuzun çözünme ve difüzyon hızının artmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek protein içeriği, daha yüksek bir jel kuvvetine yol açar ve peynirdeki tuz salınımını sınırlar. Yağ içeriğinin artırılması, peynir matrisinin daha gevşek ve daha gözenekli bir mikro yapısı ile sonuçlanır ve tuzun salınmasını kolaylaştırır (Sun vd., 2020).

Alternatif tekniklerle tuz difüzyonunun artırılması

Ultrason ve yüksek basınç gibi termal olmayan teknolojiler, işlenmiş gıdalardaki sodyum içeriğini azaltmak için yeni bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Inguglia vd., 2017). Bu yöntemlerin prensibi, mekanizmaları aracılığıyla kütle transferini arttırmalarıdır. Bu teknolojiler, sodyumun et matrisinden difüzyonu ve salınması, proteinler ile tuz iyonları arasındaki etkileşim ve duysal algılar gibi çeşitli faktörleri etkileyerek, sodyum indirgeme uygulamasında potansiyel olarak kullanılmıştır (Bhat vd., 2019). Genelde patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek için kullanılan yüksek basınç teknolojisi, tuz seviyesi azaltılan ürünlerin fiziksel, tekstürel ve tat özelliklerini korumak için de kullanılabilir. Basınç uygulamasıyla sodyum iyonları ve protein arasındaki etkileşimler değişmekte ve böylece dil üzerindeki tat reseptörlerine sodyum girişi artmaktadır (Bhat vd., 2019). Tuzlama işlemi sırasında ultrases tekniğinin kullanılması ise tuzun ette düzgün bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır ve bu sayede, NaCl seviyesi azaltılan üründe algılanan tuzluluk artmaktadır (Alarcon-Rojo vd., 2015). Bununla birlikte, protein yapısını ve işlevini etkilediği bilinen darbeli elektrik alanının (PEF) çiğneme sırasında et matrisinden sodyum dağılımını ve algısını değiştirip değiştiremeyeceği ve işlenmiş kas gıdalarında sodyum azalmasına izin verip veremeyeceği konusunda literatürde hiçbir bilgi bulunmamaktadır. PEF, elektroporasyonu indükleyerek ve membranı ve hücrel geçirgenliği artırarak sodyumun et matrisinden difüzyonunu, dağılımını ve salınmasını etkileyebilir. Bu, proteinler ve tuz iyonları arasındaki etkileşimi değiştirebilir ve

çiğneme sırasında sodyum salınımını etkileyebilir (Bhat vd., 2019).

Koku-tat interaksiyonları

Son zamanlarda, tuzu azaltma yaklaşımları arasında çapraz model koku-tat etkileşimlerine dayalı olan koku kaynaklı tuzluluk artırma (OISE) uygulaması dikkat çekmiştir (Thomas-Danguin vd., 2019). Jambon ve sardalya kokularının peynir gibi katı gıdalardaki tuzluluğu artırdığı gözlenmiş (Syarifuddin vd., 2016) ve bu durum koku ve tat arasındaki uyumu göstermiştir. Öte yandan, bir peynir aroması modelinde (değişen aroma, NaCl ve laktik asit seviyeleri), tat seviyelerinin, peynir aroması yoğunluğu bastırılmadan önce ancak belirli bir dereceye kadar değiştirilebileceği gösterilmiştir (Niimi vd., 2016). Ayrıca, Linscott ve Lim (2016), tuzluluk ve umaminin, tavuk ve soya sosu koku yoğunluklarını artırdığını, kokuların ise tat yoğunluklarını artırmadığını bildirmiştir. Bu nedenle, koku-tat etkileşimleri zordur ve daha fazla çalışma gerektirmektedir.

SONUÇ

Vücutta sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanmasında ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynayan sodyum, fazla tüketildiğinde başta kalp hastalıkları olmak üzere pek çok önemli rahatsızlığa neden olmaktadır. Gıdalardaki birincil sodyum kaynağı tuz olup gıdaların duysal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Değişen yaşam tarzları ve beslenme düzenleri, işlenmiş hazır gıdalara olan talebin artmasına ve daha yüksek tuz tüketim oranlarına yol açmıştır. Yüksek sodyum alımıyla ilgili artan halk sağlığı endişeleri, dünya çapında sodyumu azaltma çabalarının hız kazanmasına öncülük etmiştir. Tuzun azaltılması, gıdaların işleme özellikleri, duysal kalitesi ve raf ömrü ile yakından ilgilidir. Bu nedenle, gıda güvenliğini, duysal kaliteyi ve işleme kalitesini etkilemeden gıda ürünlerinin tuz içeriğini düşürmek oldukça güçtür. Son zamanlarda, endüstri ve akademi, gıdalardaki sodyum konsantrasyonunu ve akabinde insan vücudu tarafından sodyum alımını azaltma üzerine yoğunlaşmıştır. Gıda ürünlerinde sodyumun azaltılmasına yönelik mevcut yaklaşımlar, esas olarak gıda formülasyonlarında

tuzun kaldırılması ve kademeli sodyum azaltımı, sodyumun tuz ikameleri ile değiştirilmesi, lezzet arttırıcıların kullanımı, gıda yapısının yeniden tasarlanması, tuzun fiziksel formunun değiştirilmesi ve yeni teknolojilerle tuz difüzyonunun geliştirilmesi stratejilerini içermektedir. Bu stratejiler arasında özellikle gıda yapısının tasarlanması ve tuzun fiziksel özelliklerinin değiştirilmesi stratejileri, sodyum salınımını ve taşınmasını optimize etmek, tuzluluğun duyuşsal algısını iyileştirmek ve böylece sodyum azaltımını sağlamak için ümit verici yaklaşımlardır. Sodyum azaltımında, gıda yapısındaki değişim ile tuz tadı algısı arasındaki ilişkinin anlaşılması ve açıklığa kavuşturulması oldukça önemlidir. Gelecek araştırmalar, tuz kristallerinin belirli morfolojilerini tasarlama, kristal boyutların ve mikroyapıların etkisini analiz etme ve gıda matrislerinin tuzun çözünmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmeye odaklanmalıdır. Sodyum ile proteinler ve polisakkaritler gibi biyopolimerler arasındaki ikili veya üçüncül etkileşimlerin etkilerinin belirlenebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların makale ile ilgili başka kişiler veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Semra Bozkurt ve Mehmet Koç derleme çalışmasının planlanması, yürütülmesi, değerlendirilmesi ve yazımında görev almıştır.

KAYNAKLAR

Aaltonen, J., Allesø, M., Mirza, S., Koradia, V., Gordon, K. C., Rantanen, J. (2009). Solid form screening-a review. *Eur J Pharm Biopharm*, 71: 23-37, doi: 10.1016/j.ejpb.2008.07.014.

Alarcon-Rojo, A. D., Janacua, H., Rodriguez, J. C., Paniwnyk, L., Mason, T. J. (2015). Power ultrasound in meat processing. *Meat Sci*, 107:86-93, doi: 10.1016/j.meatsci.2015.04.015.

Almli, V. L., Hersleth, M. (2013). Salt replacement and injection salting in smoked salmon evaluated from descriptive and hedonic sensory

perspectives. *Aquac Int*, 21: 1091-1108, doi: 10.1007/s10499-012-9615-4.

Antúnez, L., Giménez, A., Vidal, L., & Ares, G. (2018). Partial replacement of NaCl with KCl in bread: Effect on sensory characteristics and consumer perception. *J Sens Stud*, 33: e12441, doi: 10.1111/joss.12441.

Arcand, J., Jefferson, K., Schermel, A., Shah, F., Trang, S., Kutlesa, D., ..., L'Abbe, M. R. (2016). Examination of food industry progress in reducing the sodium content of packaged foods in Canada: 2010 to 2013. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41: 684-690, doi: 10.1139/apnm-2015-0617.

Bansal, V., Mishra, S. K. (2020). Reduced-sodium cheeses: Implications of reducing sodium chloride on cheese quality and safety. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 19: 733-758, doi: 10.1111/1541-4337.12524.

Baptista, D. P., da Silva Araújo, F. D., Eberlin, M. N., Gigante, M. L. (2017). Reduction of 25% salt in Prato cheese does not affect proteolysis and sensory acceptance. *Int Dairy J*, 75:101-110, doi: 10.1016/j.idairyj.2017.08.001.

Bassett, M. N., Pérez-Palacios, T., Cipriano, I., Cardoso, P., Ferreira, I. M., Samman, N., Pinho, O. (2014). Development of bread with NaCl reduction and calcium fortification: study of its quality characteristics. *J Food Qual*, 37: 107-116, doi: 10.1111/jfq.12079.

Berton-Carabin, C. C., Sagis, L., Schroën, K. (2018). Formation, structure, and functionality of interfacial layers in food emulsions. *Annu Rev Food Sci Technol*, 9: 551-587, doi: 10.1146/annurev-food-030117-012405.

Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., Bekhit, A. E. D. A. (2019). Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59: 1660-1674, doi: 10.1080/10408398.2018.1425825.

Bolhuis, D. P., Temme, E. H., Koeman, F. T., Noort, M. W., Kremer, S., Janssen, A. M. (2011). A salt reduction of 50% in bread does not decrease bread consumption or increase sodium intake by the choice of sandwich fillings. *J Nutr*, 141: 2249-2255, doi: 10.3945/jn.111.141366.

- Braschi, A., Gill, L., Naismith, D. J. (2009). Partial substitution of sodium with potassium in white bread: feasibility and bioavailability. *Int J Food Sci Nutr*, 60: 507-521, doi: 10.1080/09637480701782118.
- Brinsden, H. C., He, F. J., Jenner, K. H., MacGregor, G. A. (2013). Surveys of the salt content in UK bread: progress made and further reductions possible. *BMJ open*, 3(6). doi:10.1136/bmjopen-2013-002936.
- Cappuccio, F. P., Beer, M., Strazzullo, P. (2019). Population dietary salt reduction and the risk of cardiovascular disease. A scientific statement from the European Salt Action Network. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 29: 107-114, doi: 10.1016/j.numecd.2018.11.010.
- Carvalho, C. B., Madrona, G. S., Corradine, S. D. S., Reche, P. M., Pozza, M. S. D. S., Prado, I. N. D. (2013). Evaluation of quality factors of bovine and chicken meat marinated with reduced sodium content. *Food Sci Technol*, 33: 776-783, doi: 10.1590/S0101-20612013000400025.
- Cerrato Rodriguez, W. A., Torrico, D. D., Osorio, L. F., Cardona, J., Prinyawiwatkul, W. (2017). Taste perception and purchase intent of oil-in-water spreads: effects of oil types and salt (NaCl or KCl) concentrations. *Int J Food Sci Technol*, 52: 2138-2147, doi: 10.1111/ijfs.13492.
- Charlton, K. E., Macgregor, E., Vorster, N. H., Levitt, N. S., Steyn, K. (2007). Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. *Int J Food Sci Nutr*, 58: 508-521, doi: 10.1080/09637480701331148.
- Chavhan, G. B., Kanawjia, S. K., Khetra, Y., Puri, R. (2015). Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Sci Technol*, 95: 265-278, doi:10.1007/s13594-014-0207-0.
- Chindapan, N., Niamnuy, C., & Devahastin, S. (2018). Physical properties, morphology and saltiness of salt particles as affected by spray drying conditions and potassium chloride substitution. *Powder Technol*, 326: 265-271, doi: 10.1016/j.powtec.2017.12.014.
- Corral, S., Salvador, A., Belloch, C., Flores, M. (2014). Effect of fat and salt reduction on the sensory quality of slow fermented sausages inoculated with *Debaryomyces hansenii* yeast. *Food Control*, 45: 1-7, doi: 10.1016/j.foodcont.2014.04.013.
- Costa, R. G. B., Alves, R. C., da Cruz, A. G., Sobral, D., Teodoro, V. A. M., Junior, L. C. G. C., ..., Miguel, E. M. (2018). Manufacture of reduced-sodium Coalho cheese by partial replacement of NaCl with KCl. *Int Dairy J*, 87: 37-43, doi: 10.1016/j.idairyj.2018.07.012.
- Costa, R. G. B., Junior, A. C., da Cruz, A. G., Sobral, D., Júnior, L. C. G. C., de Paula, J. C. J., ..., Teodoro, V. A. M. (2019). Effect of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on the characteristics of Minas Padrão cheese. *Int Dairy J*, 91: 48-54, doi: 10.1016/j.idairyj.2018.12.002.
- Czarnacka-Szymani, J., Jezewska-Zychowicz, M. (2015). Impact of nutritional information on consumers' acceptance of cheese with reduced sodium chloride content. *Int Dairy J*, 40: 47-53, doi: 10.1016/j.idairyj.2014.08.017.
- da Silva Araujo, D. H., de Souza Rodrigues, R. T., da Costa, M. M., de Miranda, J. O., de Lira-Alencar, N. R. C., Queiroz, M. A. Á., ..., Gois, G. C. (2021). Reduction of sodium content in frozen goat sausage using different types of salt. *LWT*, 135: 110272, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110272.
- de Souza Paglarini, C., Vidal, V. A., Ribeiro, W., Badan Ribeiro, A. P., Bernardinelli, O. D., Herrero, A. M., ..., Rodrigues Pollonio, M. A. (2021). Using inulin-based emulsion gels as fat substitute in salt reduced Bologna sausage. *J Sci Food Agric*, 101: 505-517, doi: 10.1002/jsfa.10659.
- Diaz-Bustamante, M. L., Reyes, L. H., Solano, O. A. A. (2020). Application of a Multiscale Approach in the Substitution and Reduction of NaCl in Costeño-Type Artisan Cheese. *Appl Sci*, 10: 9008, doi: 10.3390/app10249008.
- Diler, G., Le-Bail, A., & Chevallier, S. (2016). Salt reduction in sheeted dough: A successful technological approach. *Food Res Int*, 88: 10-15, doi: 10.1016/j.foodres.2016.03.013.
- dos Santos Harada-Padermo, S., Dias-Faceto, L. S., Selani, M. M., Conti-Silva, A. C., de Souza

- Vieira, T. M. F. (2021). Umami Ingredient, a newly developed flavor enhancer from shiitake byproducts, in low-sodium products: A study case of application in corn extruded snacks. *LWT*, 138: 110806, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110806.
- Dziki, D., Cacak-Pietrzak, G., Hassoon, W. H., Gawlik-Dziki, U., Sulek, A., Rózyło, R., Sugier, D. (2021). The fruits of sumac (*Rhus coriaria* L.) as a functional additive and salt replacement to wheat bread. *LWT*, 136: 110346, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110346.
- Erol, N. D., Erdem, Ö. A., Cakli, S., Yavuz, A. B. (2021). Influence of partial sodium replacement on proximate composition, physical and sensory quality of marinated anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *LWT*, 137: 110476, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110476.
- Forouzanfar, M. H., Liu, P., Roth, G. A., Ng, M., Biryukov, S., Marczak, L., ..., Murray, C. J. (2017). Global burden of hypertension and systolic blood pressure of at least 110 to 115 mm Hg, 1990-2015. *Jama*, 317: 165-182, doi: 10.1001/jama.2016.19043.
- Freire, T. V. M., Freire, D. O., de Souza, V. R., Gonçalves, C. S., Carneiro, J. D. D. S., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M. (2015). Salting potency and time-intensity profile of microparticulated sodium chloride in shoestring potatoes. *J Sens Stud*, 30: 1-9, doi: 10.1111/joss.12129.
- Garfinkle, M. A. (2017). Salt and essential hypertension: pathophysiology and implications for treatment. *J Am Soc Hypertens*, 11: 385-391, doi: 10.1016/j.jash.2017.04.006.
- Georges, C., Daroub, H., Toufeili, I., Isma'eel, H., & Olabi, A. (2018). Dough mixing properties and white pita bread sensory characteristics as affected by salt reduction. *Int J Food Prop*, 21: 2578-2589, doi: 10.1080/10942912.2018.1540987.
- Goh, S. M., Leroux, B., Groeneschild, C. A. G., Busch, J. L. H. C. (2010). On the effect of tastant excluded fillers on sweetness and saltiness of a model food. *J Food Sci*, 75: 245-249, doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01597.x.
- Gomes, A. P., Cruz, A. G., Cadena, R. S., Celeghini, R. M. S., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A., ..., Granato, D. (2011). Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. *Int J Dairy Sci*, 94: 2701-2706, doi: 10.3168/jds.2010-3774.
- Graudal, N. A., Hubeck-Graudal, T., Jürgens, G. (2016). Reduced dietary sodium intake increases heart rate. A meta-analysis of 63 randomized controlled trials including 72 study populations. *Front. Physiol*, 7:111, doi: 10.3389/fphys.2016.00111.
- Grummer, J., Bobowski, N., Karalus, M., Vickers, Z., Schoenfuss, T. (2013). Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. *Int J Dairy Sci*, 96: 1401-1418, doi: 10.3168/jds.2012-6057.
- He, F. J. (2019) Salt and health. In: *Reducing Salt in Foods*, Beeren, C. (chief ed.), 2nd Edition, Woodhead Publishing, Duxford, the UK, pp. 3-44. ISBN: 978-0-08-100933-8.
- Health Canada (2018). Sodium reduction in processed foods in Canada: An evaluation of progress toward voluntary targets from 2012 to 2016. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/legislation-guidelines/guidance-documents/guidance-food-industry-reducing-sodium-processed-foodsprogress-report-2017.html>.
- Hoppu, U., Hopia, A., Pohjanheimo, T., Rotola-Pukkila, M., Mäkinen, S., Pihlanto, A., Sandell, M. (2017). Effect of salt reduction on consumer acceptance and sensory quality of food. *Foods*, 6: 103, doi: 10.3390/foods6120103.
- Hu, Y., Zhang, L., Zhang, H., Wang, Y., Chen, Q., Kong, B. (2020). Physicochemical properties and flavour profile of fermented dry sausages with a reduction of sodium chloride. *LWT*, 124: 109061, doi: 10.1016/j.lwt.2020.109061.
- Ilgaz, Ş., & Yarangümeli, K. (2019). Gıda ve içecek sektörü için protokol uygulama ve tuz azaltma rehberi. Türkiye gıda ve içecek sanayii dernekler federasyonu.
- Inguglia, E. S., Zhang, Z., Tiwari, B. K., Kerry, J. P., Burgess, C. M. (2017). Salt reduction strategies

- in processed meat products—A review. *Trends Food Sci Technol*, 59: 70-78, doi: 10.1016/j.tifs.2016.10.016.
- Institute of Medicine. 2005. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Washington, DC: The National Academies Press, doi: 10.17226/10925.
- Israr, T., Rakha, A., Sohail, M., Rashid, S., Shehzad, A. (2016). Salt reduction in baked products: Strategies and constraints. *Trends Food Sci Technol*, 51: 98-105. doi: 10.1016/j.tifs.2016.03.002.
- Kamleh, R., Olabi, A., Toufeili, I., Najm, N. E. O., Younis, T., Ajib, R. (2012). The effect of substitution of sodium chloride with potassium chloride on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Halloumi cheese. *Int J Dairy Sci*, 95: 1140-1151, doi: 10.3168/jds.2011-4878.
- Karimi, R., Mortazavian, A. M., Karami, M. (2012). Incorporation of *Lactobacillus casei* in Iranian ultrafiltered Feta cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. *Int J Dairy Sci*, 95: 4209-4222, doi:10.3168/jds.2011-4872.
- Khetra, Y., Kanawjia, S. K., Puri, R. (2016). Selection and optimization of salt replacer, flavour enhancer and bitter blocker for manufacturing low sodium Cheddar cheese using response surface methodology. *LWT*, 72: 99-106, doi: 10.1016/j.lwt.2016.04.035.
- Kilcast, D., Den Ridder, C. (2007). In: F. Angus (Eds.), Sensory issues in reducing salt in food products. In: *Reducing Salt in Foods*, Kilcast, D. (chief ed.), Woodhead Publishing, the UK, pp, 201–220. ISBN: 978-1-84569-018-2.
- Kloss, L., Meyer, J. D., Graeve, L., Vetter, W. (2015). Sodium intake and its reduction by food reformulation in the European Union—A review. *NFS journal*, 1: 9-19, doi: 10.1016/j.nfs.2015.03.001.
- Koliandris, A. L., Morris, C., Hewson, L., Hort, J., Taylor, A. J., Wolf, B. (2010). Correlation between saltiness perception and shear flow behaviour for viscous solutions. *Food Hydrocoll*, 24: 792-799, doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.04.006.
- Kremer, S., Shimojo, R., Holthuysen, N., Köster, E. P., Mojet, J. (2013). Consumer acceptance of salt-reduced “soy sauce” foods over rapidly repeated exposure. *Food Qual Prefer*, 27: 179-190, doi: 10.1016/j.foodqual.2012.06.002.
- La Croix, K. W., Fiala, S. C., Colonna, A. E., Durham, C. A., Morrissey, M. T., Drum, D. K., Kohn, M. A. (2015). Consumer detection and acceptability of reduced-sodium bread. *Public Health Nutr*, 18: 1412-1418, doi: 10.1017/S1368980014001748.
- Li, Y., Han, K., Wan, Z., Yang, X. (2020). Salt reduction in semi-solid food gel via inhomogeneous distribution of sodium-containing coacervate: Effect of gum arabic. *Food Hydrocoll*, 109: 106102, doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106102.
- Lima, A., Dufauret, M., le Révérend, B., Wooster, T. J. (2018). Deconstructing how the various components of emulsion creamers impact salt perception. *Food Hydrocoll*, 79: 310-318, doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.01.005.
- Linscott, T. D., Lim, J. (2016). Retronasal odor enhancement by salty and umami tastes. *Food Qual Prefer*, 48: 1-10, doi: 10.1016/j.foodqual.2015.08.004.
- Lučan, M., Ranilović, J., Slačanac, V., Cvetković, T., Primorac, L., Gajari, D., ..., Čačić, J. L. (2020). Physico-chemical properties, spreadability and consumer acceptance of low-sodium cream cheese. *Mljekarstvo/Dairy*, 70, doi: 10.15567/mljekarstvo.2020.0101.
- Lynch, E. J., Dal Bello, F., Sheehan, E. M., Cashman, K. D., Arendt, E. K. (2009). Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Res. Int*, 42: 885-891, doi: 10.1016/j.foodres.2009.03.014.
- McGough, M. M., Sato, T., Rankin, S. A., Sindelar, J. J. (2012). Reducing sodium levels in frankfurters using naturally brewed soy sauce. *Meat Sci*, 91: 69-78, doi:10.1016/j.meatsci.2011.12.008.
- Mente, A., O'Donnell, M., Rangarajan, S., McQueen, M., Dagenais, G., Wielgosz, A., ..., Yusuf, S. (2018). Urinary sodium excretion, blood

- pressure, cardiovascular disease, and mortality: a community-level prospective epidemiological cohort study. *The Lancet*, 392: 496-506, doi: 10.1016/S0140-6736(18)31376-X.
- Miller, R. A., Jeong, J. (2014). Sodium reduction in bread using low-sodium sea salt. *Cereal Chem*, 91: 41-44, doi: 10.1094/CCHEM-05-13-0089-R.
- Mitchell, H. L. (2019) Strategies and implications for salt reduction in food products. In: *Reducing Salt in Foods*, Beeren, C. (chief ed.), 2nd Edition, Woodhead Publishing, Duxford, the UK, pp. 113-128. ISBN: 978-0-08-100933-8.
- Moncada, M., Astete, C., Sabliov, C., Olson, D., Boeneke, C., & Aryana, K. J. (2015). Nano spray-dried sodium chloride and its effects on the microbiological and sensory characteristics of surface-salted cheese crackers. *Int J Dairy Sci*, 98: 5946-5954, doi: 10.3168/jds.2015-9658.
- Mozuraityte, R., Berget, I., Mahdalova, M., Grønsberg, A., Øye, E. R., Greiff, K. (2019). Sodium reduction in processed cheese spreads and the effect on physicochemical properties. *Int. Dairy J*, 90: 45-55, doi: 10.1016/j.idairyj.2018.10.008.
- Mueller, E., Koehler, P., Scherf, K. A. (2016). Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chem*, 192: 1116-1123, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.07.066.
- Muñoz, I., Guàrdia, M. D., Arnau, J., Dalgaard, P., Bover, S., Fernandes, J. O., ..., Oliveira, H. (2020). Effect of the sodium reduction and smoking system on quality and safety of smoked salmon (*Salmo salar*). *Food Chem Toxicol*, 143: 111554, doi: 10.1016/j.fct.2020.111554.
- Nakagawa, T., Kohori, J., Koike, S., Katsuragi, Y., & Shoji, T. (2014). Sodium aspartate as a specific enhancer of salty taste perception—Sodium aspartate is a possible candidate to decrease excessive intake of dietary salt. *Chem. Senses*, 39: 781-786, doi: 10.1093/chemse/bju051.
- Ndanuko, R. N., Dunford, E. K., Wu, J. H., Raubenheimer, D., Neal, B. C. (2020). Changes in sodium levels of processed foods among the International Food and Beverage Association member companies in Australia: 2013–2017. *J Food Compos Anal*, 87, 103405, doi: 10.1016/j.jfca.2019.103405.
- Nielsen, T., Mihnea, M., Băth, K., Cunha, S. C., Ferreira, R., Fernandes, J. O., ..., Oliveira, H. (2020). New formulation for producing salmon pâté with reduced sodium content. *Food Chem. Toxicol*, 143: 111546, doi: 10.1016/j.fct.2020.111546.
- Niimi, J., Overington, A. R., Silcock, P., Bremer, P. J., Delahunty, C. M. (2016). Cross-modal taste and aroma interactions: Cheese flavour perception and changes in flavour character in multicomponent mixtures. *Food Qual Prefer*, 48: 70-80, doi: 10.1016/j.foodqual.2015.08.011.
- Noort, M. W., Bult, J. H., Stieger, M., Hamer, R. J. (2010). Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. *J Cereal Sci*, 52: 378-386, doi: 10.1016/j.jcs.2010.06.018.
- Noort, M. W., Bult, J. H., Stieger, M. (2012). Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *J. Cereal Sci*, 55: 218-225, doi: 10.1016/j.jcs.2011.11.012.
- Nuwanthi, S. G. L. I., Madage, S. S. K., Hewajulige, I. G. N., & Wijesekera, R. G. S. (2016). Comparative study on organoleptic, microbiological and chemical qualities of dried fish, Goldstripe Sardinella (*Sardinella gibbosa*) with low salt levels and spices. *Procedia Food Sci*, 6: 356-361, doi: 10.1016/j.profoo.2016.02.072.
- O'Sullivan, M. (2020). *Salt, Fat and Sugar Reduction: Sensory Approaches for Nutritional Reformulation of Foods and Beverages*. Woodhead Publishing the UK, pp. 346. ISBN: 978-0-12-822612-4 .
- Pedro, S., Nunes, M.L., 2019. Reducing salt in seafood products. In: Beeren, C., Groves, K., Titoria, P.M. (Eds.), *Reducing Salt in Foods*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 185–211. ISBN: 978-0-08-100933-8.
- Petit, G., Jury, V., de Lamballerie, M., Duranton, F., Pottier, L., Martin, J. L. (2019). Salt intake from processed meat products: Benefits, risks and evolving practices. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 18:1453-1473, doi: 10.1111/1541-4337.12478.

- Pflaum, T., Konitzer, K., Hofmann, T., Koehler, P. (2013). Influence of texture on the perception of saltiness in wheat bread. *J Agric Food Chem*, 61: 10649-10658, doi: 10.1021/jf403304y.
- Pietrasik, Z., Gaudette, N. J. (2014). The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams. *Meat Sci*, 96: 1165-1170, doi:10.1016/j.meatsci.2013.11.005.
- Pires, M. A., Munekata, P. E. S., Baldin, J. C., Rocha, Y. J. P., Carvalho, L. T., dos Santos, I. R., Trindade, M. A. (2017). The effect of sodium reduction on the microstructure, texture and sensory acceptance of Bologna sausage. *Food Struct*, 14: 1-7, doi: 10.1016/j.foostr.2017.05.002.
- Purdy, J. (2019) Dietary salt: Consumption, reduction strategies and consumer awareness. In: *Reducing Salt in Foods*, Beeren, C. (chief ed.), 2nd Edition, Woodhead Publishing, Duxford, the UK, pp. 71-96. ISBN: 978-0-08-100933-8.
- Quilaqueo, M., Aguilera, J. M. (2015). Dissolution of NaCl crystals in artificial saliva and water by video-microscopy. *Food Res Int*, 69: 373-380, doi:10.1016/j.foodres.2015.01.020.
- Quilaqueo, M., Duizer, L., Aguilera, J. M. (2015). The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness. *Food Res Int*, 76: 675-681, doi: 10.1016/j.foodres.2015.07.004.
- Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., de Petricone, R. C., Frágenas, N. N., Zambrano-Durán, A., ... Urbina, G. (2019). New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. *LWT*, 108: 253-260, doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.057.
- Reißner, A. M., Wendt, J., Zahn, S., Rohm, H. (2019). Sodium-chloride reduction by substitution with potassium, calcium and magnesium salts in wheat bread. *LWT*, 108: 153-159, doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.069.
- Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Cruzado-Bravo, M. L., Patinho, I., Selani, M. M., Valentin, D., Contreras-Castillo, C. J. (2019). Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. *Food Res Int*, 121: 288-295, doi: 10.1016/j.foodres.2019.03.044.
- Rizo, A., Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Barat, J. M. (2017). Development of a novel smoke-flavoured trout product: An approach to sodium reduction and shelf life assessment. *J. Food Eng*, 211: 22-29, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.031.
- Rodrigues, D. M., de Souza, V. R., Mendes, J. F., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M. (2016). Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. *LWT*, 69: 390-399, doi: 10.1016/j.lwt.2016.01.056.
- Rodrigues, J. F., Gonçalves, C. S., Pereira, R. C., Carneiro, J. D. S., Pinheiro, A. C. M. (2014). Utilization of temporal dominance of sensations and time intensity methodology for development of low-sodium Mozzarella cheese using a mixture of salts. *Int J Dairy Sci*, 97: 4733-4744, doi: 10.3168/jds.2014-7913.
- Samapundo, S., Deschuyffeleer, N., Van Laere, D., De Leyn, I., Devlieghere, F. (2010). Effect of NaCl reduction and replacement on the growth of fungi important to the spoilage of bread. *Food Microbiol*, 27: 749-756, doi:10.1016/j.fm.2010.03.009.
- Sharif, K., Amital, H., Shoenfeld, Y. (2018). The role of dietary sodium in autoimmune diseases: The salty truth. *Autoimmun. Rev*, 17: 1069-1073, doi: 10.1016/j.autrev.2018.05.007.
- Silow, C., Axel, C., Zannini, E., Arendt, E. K. (2016). Current status of salt reduction in bread and bakery products—a review. *J Cereal Sci*, 72: 135-145, doi: 10.1016/j.jcs.2016.10.010.
- Silow, C., Axel, C., Zannini, E., Arendt, E. K. (2018). Application of sourdough in the production of fat-and salt-reduced puff pastry. *Eur Food Res. Technol*, 244: 1581-1593, doi: 10.1007/s00217-018-3071-y.
- Soteras, T., Cunzolo, S. A., Carduza, F. J., Grigioni, G. M. (2019). Use of spherical salt for reducing sodium content with no change in salty perception in the development of a lamb meat burger with high-rated technological and sensory

- properties. *RFANUS*, 1: 38–47, doi: fanus.com.ar/rfanus/2019-01.pdf.
- Sun, C., Zhou, X., Hu, Z., Lu, W., Zhao, Y., Fang, Y. (2020). Food and salt structure design for salt reducing. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 102570, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102570.
- Syarifuddin, A., Septier, C., Salles, C., Thomas-Danguin, T. (2016). Reducing salt and fat while maintaining taste: An approach on a model food system. *Food Qual Prefer*, 48: 59-69.
- Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 36: 294-302, doi: 10.1016/j.ifset.2016.07.010.
- Thomas-Danguin, T., Guichard, E., Salles, C. (2019). Cross-modal interactions as a strategy to enhance salty taste and to maintain liking of low-salt food: a review. *Food Funct*, 10: 5269-5281, doi: 10.1039/C8FO02006J.
- Vasques, C., Mendes, M. P., Silva, D. M., Monteiro, A. R. G. (2020). Reduction in sodium chloride content in saline crackers through an edible coating. *Czech J Food Sci*, 38: 237-241, doi: 10.17221/221/2019-CJFS.
- Vinitha, K., Leena, M. M., Moses, J. A., Anandharamakrishnan, C. (2021). Size-dependent enhancement in salt perception: Spraying approaches to reduce sodium content in foods. *Powder Technol*, 378: 237-245, doi: 10.1016/j.powtec.2020.09.079.
- Wang, G., Yeung, C. K., Wong, W. Y., Zhang, N., Wei, Y. F., Zhang, J. L., ..., Yang, X. (2016). Liver fibrosis can be induced by high salt intake through excess reactive oxygen species (ROS) production. *J Agric Food Chem*, 64: 1610-1617, doi: 10.1021/acs.jafc.5b05897.
- Wilck, N., Matus, M. G., Kearney, S. M., Olesen, S. W., Forslund, K., Bartolomaeus, H., ..., Müller, D. N. (2017). Salt-responsive gut commensal modulates TH 17 axis and disease. *Nature*, 551: 585-589, doi: 10.1038/nature24628.
- World Health Organization, 2004. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. Geneva.
- World Health Organization. (2013). Mapping salt reduction initiatives in the WHO European Region. WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/186462/Mapping-salt-reduction-initiatives-in-the-WHO- (Accessed: 03 December 2020.)
- World Health Organization. (2016). The SHAKE technical package for salt reduction. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/shake-salthabit/en/>. (Accessed: 27 November 2020).
- World Health Organization (WHO). (2018). Healthy diet. Fact sheet number 394. World Health Organization, Geneva, Switzerland. <https://www.who.int/whodocuments-detail/healthy-diet-factsheet394> (Accessed: 25 November 2020).
- Xue, Y., Wen, Q., Xu, C., Zhang, X., Zeng, J., Sha, A. M., ..., Zeng, C. (2020). Elevated Salt Taste Threshold Is Associated with Increased Risk of Coronary Heart Disease. *J. Cardiovasc Transl Res*, 1-8, doi: 10.1007/s12265-020-10017-4.
- Yi, C., Tsai, M. L., Liu, T. (2017). Spray-dried chitosan/acid/NaCl microparticles enhance saltiness perception. *Carbohydr Polym*, 172, 246-254, doi: 10.1016/j.carbpol.2017.05.066.



POSTBİYOTİKLER VE GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIM ALANLARI

Seyhan İçier¹, Cansu Güzelcan², Şule Hıdır², Burcu Kaplan Türköz^{2*}

¹Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Geliş / Received: 23.11.2021; Kabul / Accepted: 24.02.2022; Online baskı / Published online: 18.03.2022

İçier, S., Güzelcan, C., Hıdır, Ş., Kaplan Türköz, B. (2021). Postbiyotikler ve gıda endüstrisinde kullanım alanları. *GIDA* (2022) 47 (2) 252-265 doi: 10.15237/gida. GD21145

İçier, S., Güzelcan, C., Hıdır, Ş., Kaplan Türköz, B. (2021). Postbiotics and their use in food industry. *GIDA* (2022) 47 (2) 252-265 doi: 10.15237/gida. GD21145

ÖZ

Probiyotiklerin gıda sektöründe kullanımı oldukça yaygındır, buna rağmen gıdalara canlı mikroorganizma eklenmesi ile ilgili teknolojik problemler ve sağlık riskleri ile ilgili tartışmalar devam etmektedir. Son yıllarda probiyotikler yerine postbiyotiklerin gıdalarda kullanımı ile ilgili çalışmalar hızla artmaktadır. Postbiyotikler, probiyotikler tarafından üretilen ekzopolisakkaritler, kısa zincirli yağ asitleri, enzimler, peptitler, bakteriyosinler, vitaminler, plazmalojenler, peptidoglikanlar gibi moleküllerdir. Gıdalara postbiyotiklerin eklenmesiyle, depolama sürecinde kalite özelliklerini kaybetmeyen uzun raf ömrüne sahip kaliteli ve hem gıda matrisi hem de tüketici üzerine belirgin olumlu etkilere sahip fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmaktadır. Bu makalede postbiyotiklerin gıda formülasyonlarında kullanımına yönelik son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir. *Lactobacillus* suşlarından elde edilen postbiyotiklerin; farklı gıda ürünlerinde ve ayrıca ambalaj malzemelerinde antimikrobiyal ve antioksidan ajan olarak başarılı şekilde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Postbiyotiklerin bu etkilerin yanısıra biyoaktif peptit içerikleri ile fonksiyonel gıda tasarımında ve gıda kontaminantlarının biyodönüşümü için kullanımları da güncel araştırma konularındandır.

Anahtar Kelimeler: Postbiyotik, gıda güvenliği, antimikrobiyal

POSTBIOTICS AND THEIR USE IN FOOD INDUSTRY

ABSTRACT

The use of probiotics in the food industry is quite common, yet there are discussions on technological problems and health risks. Therefore use of postbiotics instead of probiotics in food products gained attention. Postbiotics are molecules secreted by probiotics; such as exopolysaccharides, short chain fatty acids, enzymes, peptides, bacteriocins, vitamins, plasmalogens, peptidoglycans. Studies on postbiotic added foods are increasing for the development of functional foods with longer shelf life, which do not lose their quality properties during storage, and which have significant positive effects on both the food matrix and the consumer. In this article, recent studies on the use of postbiotics in food formulations are reviewed. Studies show that postbiotics produced by *Lactobacillus* spp. are successfully used as antimicrobial and antioxidant agents in different food products and packaging

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: burcu.kaplan.turkoz@ege.edu.tr

☎: (+90) 232 311 30 11

☎: (+90) 232 311 48 31

Seyhan İçier; ORCID no: 0000-0002-0627-733X

Cansu Güzelcan; ORCID no: 0000-0002-1536-0522

Şule Hıdır; ORCID no: 0000-0002-6056-2764

Burcu Kaplan Türköz; ORCID no: 0000-0003-3040-3321

materials. Furthermore, the use of postbiotics in functional food design and biotransformation of food contaminants are also current research topics.

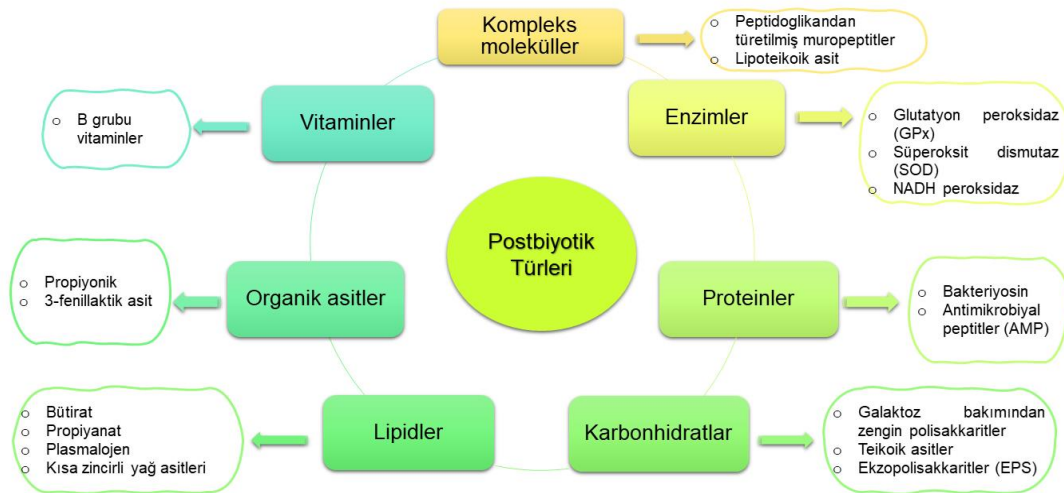
Keywords: Postbiotics, food safety, antimicrobial

GİRİŞ

Probiyotikler yeterli miktarda tüketildiğinde konakçıya sağlık açısından fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (FAO/WHO, 2002). Prebiyotikler ise kolon bakterilerinin sayı ve aktivitelerini seçici olarak uyaran ve probiyotiklerin etkisini arttıran, insan sindirim sistemi tarafından sindirilemeyen moleküllerdir (Taşdemir, 2017; Haarman ve Knol, 2006). Son zamanlarda probiyotiklerin yanısıra parabiyotik ve postbiyotik kavramları ortaya atılmıştır. Paraprobiyotikler Gıda ve Tarım Örgütü / Dünya Sağlık Örgütü'nün (FAO / WHO) probiyotik tanımına benzer şekilde, 'Yeterli miktarda tüketildiğinde tüketicilere fayda sağlayan inaktif (cansız) mikrobiyal hücreler veya hücre fraksiyonları' olarak tanımlanmıştır (de Almada vd., 2016). Bazı araştırmacılar paraprobiyotikleri tanımlamak üzere, "canlı olmayan probiyotikler", "hayalet probiyotikler" gibi terminolojiler de önermişlerdir (Nataraj vd.,

2020). Parabiyotiklerin eldesinde probiyotikler ısı işlemler, kimyasallar, gama veya ultraviyole ışınlama ve sonikasyon gibi yöntemlerle inaktif hale getirilebilir. Bununla birlikte inaktivasyon yöntemlerinin; hüresel yapısal bileşenler ve biyolojik aktiviteler üzerindeki etkileri birbirinden farklıdır. Tüm bu yöntemlerin içinde en sık kullanılanı ise ısı işlemlerle inaktivasyonudur (Nataraj vd., 2020).

Postbiyotikler ise fermentasyon sırasında üretilen bioaktif çözümler faktörlerdir ve çoğunlukla hücre içermeyen üstfazda bulunan moleküller postbiyotik sınıfına girer (Moradi vd., 2020). Postbiyotikler; hücre yüzeyi proteinleri, bakteriyel enzimler ve peptitler, teikoik asitler gibi bakteriler tarafından üretilen metabolitleri, peptidoglikan türevli nöropeptidleri, polisakkaritleri ve laktik asit gibi organik asitleri içerebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Postbiyotik türleri

POSTBIYOTİKLERİN ÜRETİLMESİ VE TANIMLANMASI

Postbiyotiklerin elde edilmesinde genel olarak probiyotik suşların fermentasyonu, fermentasyon sonrası hücre içermeyen kültür üstfazının ayrılması ve istenen hedef molekülün

saflaştırılması için ultrafiltrasyon ya da kromatografi gibi yöntemler kullanılır ve elde edilen postbiyotik dondurarak kurutma ya da püskürtmeli kurutucu ile toz hale getirilir (Moradi vd., 2021b; Aguilar-Toalá vd., 2018; Barbieri vd., 2019).

Probiyotik tarafından üretilen postbiyotik(ler) besiyeri ve fermantasyon koşullarına bağlıdır ve aynı suş farklı koşullarda farklı postbiyotikler üretebilir (Amiri vd., 2021). Ayrıca son yıllarda endüstriyel ölçekte postbiyotik üretimi için alternatif besiyerleri de araştırılmaktadır. Örneğin bir çalışmada; yağsız süt, proteolitik DSM-100H kültürünün postbiyotiklerinin üretimi için endüstriyel ölçekte başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Dunand vd., 2019).

Gıda ve ilaç uygulamaları için postbiyotiklerin detaylı kimyasal bileşiminin karakterize edilmesi gerekmektedir (Uğur vd., 2021). Postbiyotikler farklı polimerizasyon derecelerine ve bağlara sahip karmaşık moleküllerden oluşmaktadır. Bu nedenle postbiyotiklerin kalitatif ve kantitatif tanımlanması ve karakterizasyonu için karmaşık analizler gerekmektedir. Bununla birlikte, bu amaç için çok sayıda enstrümantal teknik ve yenilikçi yaklaşımlar uygulanmıştır. Uygun olan yöntem genel olarak analitik hedeflere ve izlenen karakterizasyon tipine bağlı olarak seçilmekte ve uygulanmaktadır (Barros vd., 2020). Gaz kromatografisi (GC), sıvı kromatografisi (LC), ince tabaka kromatografisi (TLC), spektrofotometrik tabanlı analiz, nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi, Fourier transform kızılötesi (FTIR) spektroskopisi gibi teknikler, postbiyotiklerin kimyasal bileşimini incelemek için sıklıkla kullanılan analitik tekniklerdir (Moradi vd., 2021b).

POSTBİYOTİKLERİN BİYOAKTİVİTELERİ

Probiyotiklerin bağırsak iç dengesini sürdürmek, mide ve bağırsaktaki sorunları tedavi etmek gibi sağlığa yararlı etkileri uzun zamandır bilinmekle birlikte, alta yatan moleküler mekanizmaların bütünü henüz netleştirilememiştir. Son yıllarda yapılan klinik ve laboratuvar ölçekli araştırmalar postbiyotiklerin, probiyotik etkide önemli faktörler olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmalar özellikle bakteriyosinler, yağ asitleri, biyoaktif peptitler, vitaminler ve proteinlerin bağırsak bariyer işlevi üzerinde canlı probiyotik mikroorganizmalara benzer şekilde koruyucu bir etkiye sahip olduğu fikrini desteklemektedir (Gao vd., 2019, Gökırmaklı vd., 2021). Ayrıca bazı

postbiyotiklerin probiyotikler gibi bağışıklık düzenleyici ve antitümör etkileri olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Uğur vd., 2021).

Postbiyotikler ilaç araştırmaları için antikanser, antiviral, antimikrobiyal ve antioksidan etkileriyle dikkat çekmektedir (Żółkiewicz vd., 2020) ve ticari olarak postbiyotik içeren takviye edici ürünler mevcuttur (Moradi vd., 2021b). Gıda endüstrisine yönelik yapılan araştırmalarda ise postbiyotiklerin antimikrobiyal etkileri üzerine yapılan çalışmaların öne çıktığı görülmektedir. Birçok postbiyotik, *in vitro* koşullarda patojen mikroorganizmalara ve gıdada bozulmalara neden olan mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki göstermektedir. Laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal etkilerinden sorumlu metabolitler; bakteriyosinler, organik asitler, enzimler, alkoller ve düşük molekül ağırlıklı moleküllerdir (Moradi vd., 2020).

Gıda endüstrisinde teknolojik olarak postbiyotik kullanımının probiyotiklere göre önemli avantajları vardır. Bunlar arasında daha uzun raf ömrü, antibiyotik direncine sebebiyet vermeme, tanımlanmış kimyasal bileşim ve güvenliğe sahip olmaları, kolay kullanım ve depolama imkanı, geniş pH ve sıcaklık aralıklarında daha yüksek stabilite göstermeleri ve özellikle antimikrobiyal etkiye sahip olmaları sayılabilir (Moradi vd., 2020; Moradi vd., 2021a).

POSTBİYOTİKLERİN GIDALARDA KULLANIMLARI

Postbiyotiklerin literatürde bilinen faydaları ve teknolojik avantajları sebebi ile probiyotiklerin yerine gıdalarda kullanımı son yıllarda hız kazanmıştır. Gıda endüstrisinde postbiyotiklerin kullanımı yeni bir yaklaşım olmakla birlikte biyofilmlerin giderilmesi, antimikrobiyal etki, antioksidan etki, gıdalarda kimyasal kontaminantların biyolojik olarak parçalanması, gıda kaynaklı patojenlerin inhibe edilmesi ve yenilebilir kaplamalarda kullanılmaları gibi güncel uygulamalar mevcuttur (Moradi vd., 2021b). Probiyotiklerin fermantasyonu ile elde edilen kültür üst fazları çeşitli formlarda gıda matriksine eklenmekte (Şekil 2) ve postbiyotiklerin gıda üzerine etkileri incelenmektedir.



Şekil 2. Postbiyotiklerin gıda matrisine eklenmesi ve etkileri

Postbiyotiklerin gıdalara eklenmesi doğrudan sıvı kültür üstfazı olarak ya da konsantre kültür üstfazının çözelti olarak eklenmesi şeklinde yapılabilir. Ancak yapılan çalışmalar, liyofilize ya da enkapsüle postbiyotiklerin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir (Malheiros vd., 2016; Kuley vd., 2021).

Postbiyotiklerin kimyasallar, safra tuzu, düşük pH, antimikrobiyal ajanlar ve yüksek sıcaklık gibi olumsuz koşullara karşı korunması için mikroenkapsülasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Akışkan yataklı kurutma, püskürtmeli soğutma, birlikte kristalleştirme ve birlikte biriktirme gibi teknikler kullanılarak enkapsülasyon yapılmaktadır. Karbonhidrat, protein ve lipitler postbiyotiklerin enkapsüle edilmesi için kullanılmaktadır (Hosseini vd., 2021, Rad vd., 2021),

Literatürde gıdalara postbiyotik eklenmesi ile gıdaların farklı özelliklerinin incelenmesine yönelik çalışmaların son yıllarda arttığı görülmektedir. Postbiyotiklerin gıda kullanımlarında bakteriyosinler ve diğer biyoaktif peptitler, ekzopolisakkaritler (EPS), ve antioksidan moleküller öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar birçok farklı probiyotik suşun antioksidan etkiye sahip postbiyotikler ürettiğini göstermektedir. Bu antioksidan moleküller arasında, proteinler ve peptitler, olabileceği gibi glutasyon, pirol ve halkalı bileşikler gibi küçük moleküller de vardır (Cuevas-González vd., 2020;

Chang vd., 2021). Biyoaktif peptitler; amino asit dizilerine ve üç boyutlu yapılarına bağlı olarak antioksidan ve antimikrobiyal etkiler ve ayrıca doğrudan insan sağlığı üzerine etki gösteren antihipertansif, antidiyabetik, anti-enflamatuvar gibi etkiler gösterebilen peptitlerdir (Romero-Luna vd., 2022, Ötleş vd., 2022). Biyoaktif peptitler, proteinlerin enzimatik hidrolizi ile elde edilebildiği gibi fermantasyon yoluyla da üretilebilir. Laktik asit bakterilerin fermantasyon sonrası postbiyotik fraksiyonlarında biyoaktif peptitler olduğunu gösteren çok sayıda çalışma vardır (Venegas-Ortega vd., 2019).

EPS, mikroorganizmalar tarafından üretilen ve hücre dışına salgılanan biyopolimerlerdir. Probiyotik organizmaları sert çevre koşullarına karşı korumakla birlikte hücre tanıma ve biyofilm oluşumunda da görev alırlar (Korcza ve Varda, 2021; Angelin ve Kavitha, 2020). EPS'lere örnek olarak dekstran, gellan, ksantan, pullulan, aljinat verilebilir ve başta gıda olmak üzere birçok endüstride kullanımları mevcuttur. Jelleştirici, stabilizatör, koyulaştırıcı ve emülgatör olarak kullanılabilen bu biyopolimerler aynı zamanda gıda ambalajlanmasında da kullanılabilirler (Moradi vd., 2021a). Süt ürünleri grubunda su tutma kapasitesini, viskoziteyi, reolojiji geliştirmede kullanılırlar. Hububat ürünleri grubunda da benzer reolojik özelliklerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır (Shukla vd., 2019).

Postbiyotiklerin antimikrobiyal etkileri çeşitli faktörlere bağlıdır. Üretici probiyotik mikroorganizma, hedef patojen mikroorganizmanın türü, konsantrasyonu, uygulama şekli ve gıda matrisi postbiyotiklerin etkisini belirleyen parametrelerdir (Moradi vd., 2020).

Bu makalede postbiyotiklerin gıdalara eklenmesine yönelik son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Postbiyotiklerin et ürünlerinde kullanımları

Et ürünlerinde doğal katkı maddelerin kullanımına yönelik çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Bu kapsamda postbiyotik kullanımının özellikle antioksidan ve antimikrobiyal etkileri araştırılmıştır.

Lactobacillus salivarius, *Lactobacillus acidophilus* LA-5 ve *Lactobacillus casei* 431 kültür üst fazlarının liyofilize edilerek dana kıymasına eklendiği bir çalışmada; antimikrobiyal etkileri incelenmiş ve özellikle *L. monocytogenes*'e karşı etki gösterdikleri gözlemlenmiştir. *L. salivarius* postbiyotikleri, *L. monocytogenes* üzerinde en yüksek inhibitör aktiviteyi gösterirken *L. casei* 431 'in postbiyotiklerinin ise en düşük aktiviteyi gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca her üç probiyotik üst fazları ile yapılan gaz kromatografi-kütle spektrometrisi (GC-MS) analizi sonucunda hücresiz üst fazların çeşitli organik asit, peptit ve yağ asitleri içerdiği görülmüştür. Benzoik asit, pirolo [1,2-a] pirazine-1,4-dion bakımından zengin oldukları belirlenmiştir. Bahsi geçen ajanların antioksidan etki gösterdiği bilinmekte, bu suşlardan elde edilen postbiyotiklerin fonksiyonel gıdalarda potansiyel antioksidan adayı olabileceğini göstermektedir. (Moradi vd., 2019b). Doğal fermente sucuklarda gelişen farklı probiyotiklerin de antioksidan postbiyotikler ürettiği ve aktivitenin suşa bağlı olduğu güncel bir çalışma ile gösterilmiştir (Aydın vd., 2021).

Başka bir çalışmada ise çeşitli probiyotik suşlardan elde edilen kültür üst fazları vakum evaporasyon ile konsantre edilerek biftek dilimlerine eklenmiştir ve *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella sonnei*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella*

typhimurium ve *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkileri gösterilmiştir (Arrijoja-Bretón vd., 2020). *Salmonella enterica*, *S. sonnei* ve *E. coli* ile inokule edilen çiğ ete *Lactobacillus plantarum* Cys5-4 suşu kültür üst fazlarından elde edilen antimikrobiyal peptitler doğrudan daldırılma ile eklenmiştir ve soğuk saklama koşullarında Cys5-4 peptitlerinin kontamine etteki patojenleri inhibe ettiği gözlemlenmiştir. Böylece peptitlerin gıdalarda koruyucu olarak kullanılan nitrit ile benzer bir etkiye sahip olduğu, ancak nitrit kullanımının aksine tüketici sağlığı açısından olumsuz etki göstermediği bildirilmiştir (Tenea ve Guaña, 2019). Dana kıyması ile yapılan bir çalışmada çiğ bufalo sütünden izole edilen *L. salivarius* (Ls-BU2) liyofilize kültür üst fazlarının kıymaya belirli konsantrasyonlar ile ilave edildikten sonra +4°C'de 9 gün saklandığında *E. coli*'ye karşı antimikrobiyal etki gösterdiği görülmüş, bu postbiyotiklerin biyokoruyucu olarak kullanımı durumunda dana kıymasının raf ömrünü arttıracığı öngörülmüştür (Moradi, vd., 2019a). Antimikrobiyal etki üzerine yapılan bir başka çalışmada taze et modelinde *Pediococcus* sp. suşlarından elde edilen kültür üst fazları steril püskürtücü ile homojen olarak uygulandığında *E. coli*, *S. sonnei* patojenlerine karşı antimikrobiyal etki göstererek raf ömrünü uzattığı gösterilmiştir (Skariyachan ve Govindarajan 2019). *Lactobacillus paracasei* N2 ve *L. casei* TM1B suşlarından elde edilen postbiyotiklerin keçi kıymasında *Pseudomonas aeruginosa* ve *E. coli* suşlarına karşı antimikrobiyal etki gösterip raf ömrünü 15 güne kadar arttırdığı gösterilmiştir (Mouafo vd., 2020). Domuz eti ile yapılan bir çalışmada ise, yerel geleneksel Vietnam yoğurdundan izole edilen *L. plantarum* SC01 suşuna ait bakteriyosinlerin farklı saklama koşulları altında domuz etine kültür üst fazlarının eklenmesi sonucunda çeşitli patojenlere karşı antimikrobiyal etki gösterdikleri gözlemlenmiştir (Le vd., 2019).

L. plantarum ST16Pa'ya ait bakteriyosin benzeri postbiyotiklerin kültür üst fazı olarak tavuk göğüs etine eklendiği bir çalışmada; antimikrobiyal etkinin 7 gün boyunca 4°C'de depolama sırasında devam ettiği gösterilmiştir (da Silva Sabo vd., 2017). Hamad vd., yaptıkları çalışmada *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus fermentum*,

Pediococcus acidilactici, *Lactobacillus delbrueckii* susp. *lactis* liyofilize postbiyotiklerinin antimikrobiyal etkisini incelemişlerdir. *L. rhamnosus* EMCC 1105 postbiyotiklerinin *Clostridium perfringens*'e karşı en fazla antimikrobiyal etki gösterdiği, tavuk etine doğrudan eklenmesi sonucunda antimikrobiyal etkisinin devam ettiği görülmüştür (Hamad vd., 2020).

Postbiyotik varlığının gıda matriksinin duysal ve tekstürel özelliklerini araştıran sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan birinde, sucuğun duysal özelliklerini geliştirmek amacıyla *in situ* (yerinde) EPS üreten *L. plantarum* ve *Leuconostoc mesenteroides* suşları seçilmiş ve uygun fermentasyon koşullarında sucuk örneklerinin dokusal özelliklerinin geliştiği, daha sert ve daha az yapışkan sucuk ürünleri elde edildiği bildirilmiştir (Dertli vd., 2016).

Postbiyotiklerin su ürünlerinde kullanımları

Farklı balık türleri ile yapılan çalışmalar ile postbiyotiklerin su ürünlerinde doğal antimikrobiyal ve biyojen amin oluşumunu engelleyici olarak kullanım potansiyeli olduğu görülmektedir.

Sardalya filetoları ile yapılan bir çalışmada, *Enterococcus faecalis* A-48-32 bakteriyosinlerinin stafilkok türlerine karşı antimikrobiyal etki gösterdiği ve biyojen amin oluşumunu azalttığı ve dolayısıyla filetoların raf ömrünü uzattığı gösterilmiştir (Ananou vd., 2014).

Bakteriyosinler ile yapılan başka bir çalışmada, *Lactobacillus reuteri*'den izole edilip saflaştırılan reuterin çözeltisinin soğuk füme somonlarda *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkisi olduğu gösterilmiştir (Montiel vd., 2014). Ayrıca *Lactobacillus curvatus* BCS35 suşundan elde edilen sıvı ve liyofilize formdaki bakteriyosinlerin de farklı balık türlerinde antimikrobiyal etkileri olduğu gösterilmiştir (Gómez-Sala vd., 2016).

Kuley vd., yaptıkları çalışmada *L. plantarum*'dan elde edilen kültür üst fazlarını mikroenkapsülasyon yöntemi ile kapsüledikten sonra propolis ekstraktı ile kombinleyerek balıklarda bozulmaya neden olan bakterilere

(*Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas luteola*, *Proteus mirabilis* ve *Photobacterium damsela*) karşı antimikrobiyal etkisi üzerine çalışmışlar ve potansiyel biyokoruyucu olarak kullanılabilirliğini göstermişlerdir (Kuley vd., 2021). Çiğ şerit balıklarının raf ömrünü uzatmak için yapılan bir çalışmada *L. plantarum* SKD4 ve *Pediococcus stilesii* SKD11 kültür üst fazları kullanılmış ve postbiyotiklerin balıkların fizikokimyasal özelliklerini ve gıda kalitesini etkilemeden mikrobiyal gelişmeyi azaltarak raf ömrünü uzattığını göstermiştir (Jo vd., 2021).

Postbiyotiklerin meyve-sebze ürünlerinde kullanımları

Taze sebze, meyve ve meyve sularında yapılan çalışmalar postbiyotik uygulamasının tek başına yeterli antimikrobiyal etki sağladığını göstermiştir. Bu açıdan postbiyotikler, meyve-sebze ürünlerinde doğal koruyucu olarak çok önemli bir kullanım potansiyeline sahip olacaktır.

Bakteriyosinler ile yapılan çalışmalarda, doğrudan kültür üstfazının kullanılmasının bakteriyosinin antimikrobiyal etkisini göstermesi için yeterli olduğu ortaya koymuştur. Örneğin, *L. plantarum* suşundan elde edilen bakteriyosin içeren kültür üstfazlarının portakal suyu ve fermente mısır içeceği chicha suyuna eklenmiş; *E. coli* ve *S. enterica*'ya karşı antimikrobiyal etkileri gösterilmiştir (Tenea vd., 2018).

Patateste yapılan başka bir çalışmada *Lactococcus lactis* tarafından üretilen postbiyotikler olan nisin ve formik asit kombinasyonunun *Bacillus subtilis* gelişimini durdurduğu, aynı zamanda patateste renk değişiminin gözlemlenmediği ve raf ömrünü 10 güne çıkardığı gösterilmiştir (Ruengvisesh vd., 2020). Ev yapımı domates salçası ile yapılan bir çalışmada, *S. aureus*, *E. coli*, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus flavus* organizmaları inokule edilmiş ev salçasına, *L. plantarum* Cs ve *L. acidophilus* ATCC 314 suşlarından elde edilen kültür üst fazları eklendikten sonra oda sıcaklığı koşullarında 25 günden fazla antimikrobiyal ve antifungal etki gösterdiği belirlenmiştir (George-Okafor vd., 2020). Farklı gıda gruplarında yapılan bir çalışmada meyve sebze modelleri olarak çilek, mantar, mısır ve domates kullanılmıştır. Raf ömrünü uzatma amacı ile yapılan bu çalışmada

Pediococcus spp.'den izole edilen kültür üst fazları *E. coli* ile *S. sonnei* patojenlerine karşı antimikrobiyal etki göstererek bu ürünlerin raf ömrünü uzatmıştır (Skariyachan ve Govindarajan., 2019). Baldan izole edilmiş *Lactobacillus kunkeei* suşuna ait postbiyotikler ile yapılan bir çalışmada bal içeren şekeriz limonataya kültür üst fazı eklenmiş ve yapılan mikrobiyolojik çalışmalar sonucunda antimikrobiyal peptit içeren kültür üst fazlarının *Candida albicans*'a karşı antifungal etki gösterdiği belirlenmiştir (Ebrahimi vd., 2021). Benzer şekilde kimchi'den izole edilmiş *L. plantarum* YML007 suşu postbiyotiklerinin antifungal etkisi kurutulmuş soya fasulyesi üzerinde gösterilmiştir (Ahmad Rather vd., 2013).

Postbiyotiklerin süt ürünlerinde kullanımları

Süt ürünlerinde özellikle bakteriyosin ve EPS kullanımına yönelik çalışmalar öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda, bakteriyosinlerin tek başına ya da diğer antimikrobiyal ajanlar ile birlikte kombine kullanımının süt ürünlerinde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Probiyotik suşlar tarafından yaygın olarak üretilen bir bakteriyosin olan nisin ile sarımsak özütünün birlikte kapsüllenecek kullanıldığı bir çalışmada, UHT sütte *L. monocytogenes*, *S. Enteritidis*, *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı antimikrobiyal aktiviteleri gösterilmiştir (Pinilla ve Brandelli, 2016). *L. sakei* 2a'dan elde edilen bakteriyosinlerin doğrudan ya da nanovesiküller içinde enkapsüle olarak UHT keçi sütüne eklendiği bir çalışmada enkapsüle bakteriyosinin antimikrobiyal etkisinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Malheiros vd., 2016). Yeni doğal antimikrobiyal ajanların bulunmasına yönelik de çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Örneğin, yerel Polonya peynirlerinden izole edilmiş 29 farklı *L. plantarum* suşlarının kültür üst fazları doğrudan sıvı olarak yağsız süte eklenmiş ve *S. aureus*'a karşı antimikrobiyal etki gösterdikleri saptanmıştır (Oldak vd. 2020).

Antimikrobiyal postbiyotikler dışında EPS'lerin de süt ürünlerinde kullanımları araştırılmaktadır. Özellikle tekstür, duysal ve fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi açısından EPS'lerin olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. *L. delbrueckii*

subsp. *bulgaricus* suşundan izole edilen EPS'ler farklı konsantrasyonlarda manda sütüne eklenmiş, ve yoğurdun su tutma kapasitesi ve jel sertliğini arttırdığı gösterilmiştir (Yang vd., 2014). *L. fermentum* Lf2 tarafından üretilen EPS'lerin yoğurda eklendiği bir çalışmada; EPS eklenmesi ile yoğurtta sertlik, kıvam ve su tutma kapasitesinin arttığı gösterilmiştir (Ale vd., 2016). Az yağlı Cheddar peynirde yapılan bir çalışmada *L. plantarum* JLK0142'a ait saflaştırılmış EPS'ler peynire eklenmiş ve depolama sonunda EPS eklenmiş peynirlerin nem, proteoliz ve duysal açıdan olgunlaşma karakteristiklerinin daha iyi olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, EPS eklenmiş peynirlerin antioksidan ve ACE inhibitör biyoaktivitelerinin de daha iyi olduğu görülmüştür (Wang vd., 2019). Postbiyotik eklenmesinin probiyotik ürün stabilitesine etkilerinin incelendiği bir çalışmada ise *Lactarius volemus* Fr. suşuna ait postbiyotiklerin probiyotik yoğurtlardaki yaşayan probiyotik canlı sayısını, esansiyel amino asitleri ve su tutma kapasitesini arttırdığı gösterilmiştir (Huang vd., 2020).

Postbiyotiklerin hububat ürünlerinde kullanımları

Çölyak hastalığı, genetik yatkınlığı olan bireylerde gluten alımı ile birlikte ince bağırsaklarda iltihap ve emilim bozukluğuna sebep olmaktadır. Bu hastalığa sahip bireyler glutensiz diyet ve beslenme tedavisi görmektedir (Lindfors vd., 2019). Ticari olarak üretilen glutensiz ekmeklerde su absorpsiyonunda azalma, kırınıt yapısında değişim, somun hacmi, dokusal ve reolojik özellikler açısından zarar görme gibi durumlar söz konusu olabilir. Bu özellikleri iyileştirme ve gıdalardaki yapay katkı maddelerinin kullanımını azaltma hedefleri doğrultusunda postbiyotik EPS'lerin kullanımı son zamanlarda gündeme gelmeye başlamıştır (Ryan vd., 2015).

Laktik asit bakterileri tarafından sentezlenen EPS'lerin literatürde hamur reolojisi ve ekmek tekstürünün geliştirilmesi için önemli bir bileşen oldukları belirtilmiştir. EPS'lerin ticari hidrokoloid ve sakızlar gibi ağ oluşturma ve suyu bağlama yeteneklerinin olması ile somun hacmi, raf ömrünü arttırma ve bayatlamayı geciktirme açısından kaliteyi arttırabilecekleri düşünülmek-

tedir (Lynch vd., 2018). EPS kullanımının glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada farklı suşlardan elde edilen EPS'ler liyofilize formda karabuğday ve pirinç unundan yapılmış ekmeğe eklenmiş ve *L. curvatus* TMW 1.624 suşundan elde edilen dekstranın glutensiz ekmeğin nem içeriğini, pişirme kaybı ve kırıntı sertliğini geliştirdiği gösterilmiştir (Rühmkorf vd., 2012).

Düşük kalorili unlu mamüller ve diyet ürünlerinin üretilmesinde EPS'ler önemli rol oynamaktadır. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* suşlarından elde edilen EPS'ler keklere yağ oranını azaltıcı bileşen olarak eklenmiştir ve standart yağlı kek ile sertlik, hacim, tekstür, çignenebilirlik ve esneklik gibi özellikleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak laktik asit bakterilerinden elde edilen EPS'lerin düşük yağlı keklerde ürün özelliklerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Doğan vd., 2012).

Postbiyotiklerin hububat ürünlerinde başka bir kullanım potansiyeli de antifungal etkilere sahip olmalarıdır. *L. reuteri* kültür üst fazlarının çavdar ve tam buğday ekmeklerinde antifungal etkileri olduğu gösterilmiştir (Jonkuviene vd., 2016). Başka bir çalışmada ise *Lactobacillus RM1* suşunun kültür üst fazları liyofilize edildikten sonra 10 kat konsantre edilip buğday tanelerinde kullanılmış ve antifungal etkileri olduğu gösterilmiştir (Shehata vd., 2019).

Postbiyotiklerin gıda ambalajlarında kullanımları

Son zamanlarda doğal ve sürdürülebilir ürün ve ambalajlara artan talep doğrultusunda postbiyotiklerin ambalaj malzemelerinde koruyucu olarak kullanımı da önemli araştırma konularından olmuştur.

Dekstran, levan, kefiran ve hyaluronik asit gibi EPS'ler yenilebilir film ve kaplamaların üretiminde suda çözünmeyen polisakkaritlere alternatif olarak kullanılabilirler. EPS'ler yenilebilir film ve kaplamalarda yapısal polimer, katkı maddesi veya probiyotik taşıyıcısı olarak görev alabilir. Böylece gıda güvenliği ve kalitesi iyileştirilebilir (Moradi vd., 2021a). Örneğin levan ile yapılmış bir çalışmada *B. subtilis* natto suşundan

üretilen levan polisakkariti manyok nişastasına dayalı yenilebilir filme farklı nişasta: levan oranında çözelti şeklinde eklenip plastikleştirici olarak gliserol kullanılmıştır. Tüm formülasyonlarda iyi bir görünüme sahip yenilebilir film üretilmiştir. Levanın çözünürlüğü yükselttiği, gerilme direnci ve uzamayı arttırdığı ve su buharı geçirgenliğini düşürdüğü gözlemlenmiştir (Mantovan vd., 2018).

Postbiyotiklerin doğal antimikrobiyal ajanlar olarak gıda ambalajlarında kullanımına yönelik yapılmış çok sayıda çalışma vardır. Liyofilize *L. sakei* konsantre kültür üst fazlarının ambalaj filmlerine eklendiği ve *E. coli* ve *L. monocytogenes* inokule edilmiş taze biftek küplerinin bu film ile kaplandığı bir çalışmada filmin patojenlere karşı inhibisyon etkisi olduğu gösterilmiştir. (del Carmen Beristain-Bauza vd., 2017). Benzer şekilde enterosin AS-48 bakteriyosini eklenen filmler ile kaplanan elma küplerinde de bakteriyosinin *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkisi gösterilmiştir (Aguayo vd., 2016). Taze domateslerin antimikrobiyal filmler ile kaplanmasını inceleyen bir çalışmada, *L. plantarum* UTNGt2 suşu kültür üst fazı antimikrobiyal peptitleri yenilebilir kaplamalara eklenmiştir. Peptitlerin küf gelişimi açısından domatesin depolama süresini uzattığı ve domatese inoküle edilen Salmonella hücre karışımında da hücre ölümüne sebep olduğu gösterilmiştir (Tenea ve Pozo., 2019). Aynı çalışma grubunun yaptığı bir başka çalışmada *L. plantarum* UTNCys5-4 ve *L. lactis* subsp *lactis* Gt28 suşlarından elde edilen Cys5-4/Gt28 antimikrobiyal peptitlerin *S. enterica*, *S. sonnei* ve *E. coli* ile kontamine edilmiş ananas dilimleri üzerine eklenmesi ile soğuk depolama koşullarında patojenlerin gelişimini inhibe ettiği gösterilmiştir (Tenea vd., 2020). Aktif gıda kaplamalarında liyofilize olarak postbiyotiklerin ilave edilmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada *L. monocytogenes* ile kontamine edilmiş dana kıyması *L. plantarum* liyofilize üst fazı içeren bakteriyel nanoselüloz film ile kaplanmıştır. Üretilen bu postbiyotik içeren nanokağıdın kıymanın duyuşal özelliklerinde istenmeyen değişikliklere sebep olmadan patojenlerin büyümesini kontrol ettiği ve

genel raf ömrünü iki katına çıkarttığı belirlenmiştir (Yordshahi vd., 2020).

Pediococcus pentosaceus'dan elde edilen pediosin içeren filmlerle kaplanmış papaya meyvesinin raf ömrünün uzadığı gösterilmiştir (Narsaiyah vd., 2015). *Bacillus methylotrophicus* BM47 suşu bakteriyosinini içeren yenilebilir filmlerin taze çileklerde küflenmeyi geciktirdiği ve ağırlık kaybını anlamlı ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Tumbariski vd., 2019).

SONUÇ

Tüm bu yapılan çalışmalar postbiyotiklerin gıda endüstrisinde doğal antioksidan ve antimikrobiyal ajan/yardımcı ajan, kıvam artırıcı ve jelleştirici, ayrıca biyoaktif özellikleriyle fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanım potansiyelini ortaya koymaktadır. Endüstriyel ölçek çalışmalar ve postbiyotiklerin gıda kalitesi üzerine etkilerinin daha detaylı incelenmesi yönünde yapılacak analizler sonucunda postbiyotiklerin bu aktiviteleri ile gıda sektöründe önemli bir yere sahip olacağı görülmektedir.

Postbiyotik kullanımının avantajları arasında özellikle üretim ve depolama kolaylığı, spesifik etki mekanizmaları ile hedefe yönelik etki göstermeleri, canlı organizma içermedikleri için enfeksiyon ve translokasyon risklerinin olmaması öne çıkmaktadır. Postbiyotikler, hem insan sağlığı hem de teknolojik açıdan bakıldığında probiyotiklere göre avantajlara sahiptir. İnsan vücudundaki biyolojik sistem insandan insana farklılık gösterdiği için probiyotiklerin üreteceği moleküller ve hücresel etkileri değişkenlik gösterebilir. Postbiyotiklerin saflaştırılması ve moleküler olarak karakterize edilmesi ile bu riskler ortadan kaldırılmış olacaktır. Gıda uygulamaları açısından değerlendirildiğinde ise, canlı probiyotik kullanıldığında hücre canlılığından kaynaklanan soğuk zincir depolama ve özellikle sıvı ürünlerde görülebilen istenmeyen renk ve duyuşal özelliklerin gelişebilmesi gibi durumlar postbiyotik kullanımı ile engellenebilir.

Postbiyotiklerin kullanımının dezavantajları arasında hazırlama ve analiz yöntemlerinin standardize edilememiş olması öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmaların birçoğunda karakterize

edilmemiş postbiyotik karışımlarının kullanılmış olduğu görülmektedir. Gıda güvenliği açısından postbiyotiklerin saflaştırılarak kimyasal yapılarının belirlenmesine yönelik daha detaylı çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca farklı aktivitelere sahip postbiyotik bileşiklerin fermantasyon sırasında üretimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve ayrıca gıdaya uygulanması gereken postbiyotik dozun belirlenmesi için de optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç olduğu görülmektedir. Son olarak fermantasyon ortamlarının maliyetlerini yükselten ve ayrıca et ya da maya özütü ve şeker içeriği dolayısıyla postbiyotik rengini etkileyen laboratuvar besiyerleri yerine alternatiflerin bulunması için çalışmalar yapılması önerilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar yayının planlanması ve yazımında eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKÇA

Aguayo, M. D. C. L., Burgos, M. J. G., Pulido, R. P., Gálvez, A., ve López, R. L. (2016). Effect of different activated coatings containing enterocin AS-48 against *Listeria monocytogenes* on apple cubes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 35, 177-183.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.006>

Aguilar-Toalá, J. E., R. Garcia-Varela, H. S. Garcia, V. Mata-Haro, A. F. González-Córdova, B. Vallejo-Cordoba ve A. Hernández-Mendoza. (2018). Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science and Technology* 75 201:105–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.009>

Ahmad Rather, I., Seo, B. J., Rejish Kumar, V. J., Choi, U. H., Choi, K. H., Lim, J. H., Park, Y. H. (2013). Isolation and characterization of a proteinaceous antifungal compound from *Lactobacillus plantarum* YML 007 and its application as a food preservative. *Letters in Applied*

- Microbiology*, 57(1), 69-76. <https://doi.org/10.1111/lam.12077>
- Ale, E. C., Perezlindo, M. J., Pavón, Y., Peralta, G. H., Costa, S., Sabbag, N., Bergamini C., Reinheimer J.A., Rinetti, A. G. (2016). Technological, rheological and sensory characterizations of a yogurt containing an exopolysaccharide extract from *Lactobacillus fermentum* Lf2, a new food additive. *Food Research International*, 90, 259-267. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.045>
- Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., Alizadeh-Khaledabad, M., Rezai-Mokarram, R., Sowti-Khiabani M. (2021). Fermentation Optimization for Co-production of Postbiotics by *Bifidobacterium lactis* BB12 in Cheese Whey. *Waste Biomass Valor* 12, 5869–5884 <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01429-7>
- Ananou, S., H. Zentar, M., Martínez-Bueno, A., Gálvez, M., Maqueda, E. Valdivia. (2014). The impact of enterocin AS-48 on the shelf-life and safety of sardines (*Sardina pilchardus*) under different storage conditions. *Food Microbiology* 44:185–95. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.06.008>
- Angelin, J., & Kavitha, M. (2020). Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 853-865. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.190>
- Arrijoja-Bretón, D., E. Mani-López, E., Palou, A., López-Malo. (2020). Antimicrobial activity and storage stability of cell-free supernatants from lactic acid bacteria and their applications with fresh beef. *Food Control* 115(3):107286. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107286>
- Aydın, B., Çiydem, T., Kaya, E., Açıık, L. (2021). Evaluation of the Antioxidant Effects of Postbiotics and Paraprobiotics in Lactic Acid Bacteria Isolated from Traditional Fermented Sausages. *European Journal of Science and Technology*, (28), 849–852. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1011409>
- Barbieri, F., Montanari, C., Gardini, F., Tabanelli, G. (2019). Biogenic amine production by lactic acid bacteria: A review. *Foods*, 8(1), 17. <https://doi.org/10.3390/foods8010017>
- Barros, C. P, Guimarães, J. T, Esmerino, E. A, Duarte, M. Carmela KH, Silva, M. C, Silva, R., Ferreira, B. M, Sant'Ana, A. S, Freitas, M. Q, Cruz, A. G. (2020). Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. *Current opinion in food science*, 32, 1-8. doi: 10.1016/j.cofs.2019.12.003
- Chang, H. M., Foo, H. L., Loh, T. C., Lim, E. T. C., and Abdul Mutalib, N. E. (2021). Comparative Studies of Inhibitory and Antioxidant Activities, and Organic Acids Compositions of Postbiotics Produced by Probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* Strains Isolated From Malaysian Foods. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1182. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2020.602280/BIBTEX>
- Cuevas-González, P. F., Liceaga, A. M., Aguilar-Toalá, J. E. (2020). Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. *Food Research International*, 109502. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109502>
- da Silva Sabo, Sabrina, Noelia Pérez-Rodríguez, José Manuel Domínguez, ve Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira. (2017). Inhibitory substances production by *Lactobacillus plantarum* ST16Pa cultured in hydrolyzed cheese whey supplemented with soybean flour and their antimicrobial efficiency as biopreservatives on fresh chicken meat. *Food Research International* 99(4):762–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.026>
- de Almada, C. N., Almada, C. N., Martinez, R. C., & Sant'Ana, A. S. (2016). Paraprobiotics: evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods. *Trends in food science & technology*, 58, 96-114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.011>
- del Carmen Beristain-Bauza, S., Mani-López, E., Palou, E., López-Malo, A. (2017). Antimicrobial activity of whey protein films supplemented with *Lactobacillus sakei* cell-free supernatant on fresh beef. *Food Microbiology*, 62: 207-211. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.024>

- Dertli, E., Yılmaz, M. T., Tatlısu, N. B., Toker, O. S., Cankurt, H., & Sagdic, O. (2016). Effects of in situ exopolysaccharide production and fermentation conditions on physicochemical, microbiological, textural and microstructural properties of Turkish-type fermented sausage (sucuk). *Meat Science*, 121, 156-165 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.008>
- Doğan, İ. S., Akbaş, Ö., Tunçtürk, Y. (2012). Yağı azaltılmış kek üretiminde ekzopolisakkarit kullanımı. *Gıda*, 37(3), 141-148. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gida/issue/6929/92519>
- Dunand, E., Burns, P., Binetti, A., Bergamini, C., Peralta, G. H., Forzani, L., Reinheimer, J., & Vinderola, G. (2019). Postbiotics produced at laboratory and industrial level as potential functional food ingredients with the capacity to protect mice against *Salmonella* infection. *Journal of Applied Microbiology*, 127(1), 219–229. <https://doi.org/10.1111/jam.14276>
- Ebrahimi, M., Sadeghi, A., Rahimi, D., Purabdollah, H., & Shahryari, S. (2021). Postbiotic and Anti-aflatoxigenic Capabilities of *Lactobacillus kunkkei* as the Potential Probiotic LAB Isolated from the Natural Honey. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13(2), 343-355. <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09697-w>
- FAO / WHO. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food, report of a joint FAO/WHO working group on drafting guideline for the evaluation of probiotic in food. *World Health Organization, Geneva*.
- Gao, J., Li, Y., Wan, Y., Hu, T., Liu, L., Yang, S., Gong, Z., Zeng, Q., Wei, Y., Yang, W., Zeng, Z., He, X., Huang, S. H., Cao, H. (2019). A Novel Postbiotic From *Lactobacillus rhamnosus* GG With a Beneficial Effect on Intestinal Barrier Function. *Frontiers in microbiology*, 10: 477. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00477>
- George-Okafor, U., Ozoani, U., Tasié, F., & Mba-Omeje, K. (2020). The efficacy of cell-free supernatants from *Lactobacillus plantarum* Cs and *Lactobacillus acidophilus* ATCC 314 for the preservation of home-processed tomato-paste. *Scientific African*, 8, e00395. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00395>
- Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., Hernández, P. E., Sala, A., & Cintas, L. M. (2016). Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin. *International Journal of Food Microbiology*, 223, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.005>
- Gökırmaklı, Ç., Üçgül, B., & Güzel-Seydim, Z. B. (2021). Fonksiyonel gıda kavramına yeni bir bakış: Postbiyotikler. *GIDA/The Journal of FOOD*, 46(4). <https://doi.org/10.15237/gida.GD21035>
- Haarman, M., & Knol, J. (2006). Quantitative real-time PCR analysis of fecal *Lactobacillus* species in infants receiving a prebiotic infant formula. *Applied and environmental microbiology*, 72(4), 2359-2365. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.4.2359-2365.2006>
- Hamad, G. M., Abdelmotilib, N. M., Darwish, A. M., & Zeitoun, A. M. (2020). Commercial probiotic cell-free supernatants for inhibition of *Clostridium perfringens* poultry meat infection in Egypt. *Anaerobe*, 62, 102181. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102181>
- Hosseini, S. A., Abbasi, A., Sabahi, S., & Khani, N. (2021). Application of Postbiotics Produced By Lactic Acid Bacteria in the Development of Active Food Packaging. *Biointerface Research in Applied Chemistry* 6164-6183. <https://doi.org/10.33263/BRIAC125.61646183>
- Huang, Y., Zhao, S., Yao, K., Liu, D., Peng, X., Huang, J., Huang Y., Li, L. (2020). Physicochemical, microbiological, rheological, and sensory properties of yoghurts with new polysaccharide extracts from *Lactarius volemus* Fr. using three probiotics. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 168-181. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12653>
- Jonkuvienė, D., Vaičiulytė-Funk, L., Šalomskienė, J., Alenčikienė, G., Mieželiene, A. (2016). Potential of *Lactobacillus reuteri* from spontaneous sourdough as a starter additive for improving quality parameters of bread. *Food Technology and*

- Biotechnology*, 54(3), 342. doi: 10.17113/ftb.54.03.16.4143
- Jo, D. M., Park, S. K., Khan, F., Kang, M. G., Lee, J. H., Kim, Y. M. (2021). An approach to extend the shelf life of ribbonfish fillet using lactic acid bacteria cell-free culture supernatant. *Food Control*, 123, 107731. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107731>
- Korcz, E., & Varga, L. (2021). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Techno-functional application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 375-384. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.014>
- Kuley, E., Kescu, M. M., Durmus, M., Ucar, Y. (2021). Inhibitory activity of Co-microencapsulation of cell free supernatant from *Lactobacillus plantarum* with propolis extracts towards fish spoilage bacteria. *LWT*, 146, 111433. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111433>
- Le, N., Bach, L., Nguyen, D., Le, T., Pham, K., Nguyen, D., Hoang Thi, T. (2019). Evaluation of factors affecting antimicrobial activity of bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* microencapsulated in alginate-gelatin capsules and its application on pork meat as a bio-preservative. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1017. doi:10.3390/ijerph16061017
- Lindfors, K., Ciacci, C., Kurppa, K., Lundin, K. E., Makharia, G. K., Mearin, M. L., Murray, J.A., Verdu, E.F., Kaukinen, K. (2019). Coeliac disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 5(1), 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0054-z>
- Lynch, K. M., Coffey, A., Arendt, E. K. (2018). Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria: Their techno-functional role and potential application in gluten-free bread products. *Food research international*, 110, 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.012>
- Malheiros, Patrícia S., Iolanda M. Cuccovia, ve Bernadette D. G. M. Franco. (2016). Inhibition of *Listeria monocytogenes* in vitro and in goat milk by liposomal nanovesicles containing bacteriocins produced by *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* 2a. *Food Control* 63:158–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.0377>
- Mantovan, J., Bersaneti, G. T., Faria-Tischer, P. C., Celligoi, M. A. P. C., & Mali, S. (2018). Use of microbial levan in edible films based on cassava starch. *Food Packaging and Shelf Life*, 18, 31-36. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.08.003>
- Montiel, R., Martín-Cabrejas, I., Langa, S., El Aouad, N., Arqués, J. L., Reyes, F., Medina, M. (2014). Antimicrobial activity of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* on *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon. *Food microbiology*, 44, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.05.006>
- Moradi, M., Tajik, H., Mardani, K., & Ezati, P. (2019)a. Efficacy of lyophilized cell-free supernatant of *Lactobacillus salivarius* (Ls-BU2) on *Escherichia coli* and shelf life of ground beef. In *Veterinary Research Forum* (Vol. 10, No. 3, p. 193). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran. 10.30466/vrf.2019.101419.2417
- Moradi, M., Mardani, K., & Tajik, H. (2019)b. Characterization and application of postbiotics of *Lactobacillus* spp. on *Listeria monocytogenes* in vitro and in food models. *LWT*, 111, 457-464. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.072>
- Moradi, M., Kousheh, S. A., Almasi, H., Alizadeh, A., Guimarães, J. T., Yılmaz, N., & Lotfi, A. (2020). Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3390-3415. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12613>
- Moradi, M., Guimarães, J. T., Sahin, S. (2021)a. Current applications of exopolysaccharides from lactic acid bacteria in the development of food active edible packaging. *Current Opinion in Food Science*, 40, 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.06.001>
- Moradi, M., Molaei, R., & Guimarães, J. T. (2021)b. A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*, 143, 109722.. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2020.109722>

- Mouafo, H. T., Mbawala, A., Tanaji, K., Somashekar, D., & Ndjouenkeu, R. (2020). Improvement of the shelf life of raw ground goat meat by using biosurfactants produced by *Lactobacilli* strains as biopreservatives. *LWT*, *133*, 110071. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110071>
- Narsaiah, K., Wilson, R.A., Gokul, K., Mandge, H.M., Jha, S.N., Bhadwal, S., Anurag, R.K., Malik, R.K., Vij, S. (2015). Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf life of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*. *100*, 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.10.003>
- Nataraj, B.H., Ali, S.A., Behare, P.V. Yadav H. (2020). Postbiotics-parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Fact* *19*, 168 <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w>
- Oldak, Aleksandra, Dorota Zielińska, Anna Lepecka, Ewa Dlugosz, ve Danuta Kolożyn-Krajewska. (2020). *Lactobacillus plantarum* strains isolated from polish regional cheeses exhibit anti-staphylococcal activity and selected probiotic properties. *Probiotics and Antimicrobial Proteins* *12*(3):1025–38. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09587-w>
- Ötleş, S., Bakar, B., and Türköz, B. K. (2022). Bioinformatic Analysis. In *Bioactive Peptides from Food* (pp. 321–346). Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003106524-20>
- Pinilla, C. M. B., Brandelli, A. (2016). Antimicrobial activity of nanoliposomes co-encapsulating nisin and garlic extract against Gram-positive and Gram-negative bacteria in milk. *Innovative food science & emerging technologies*, *36*, 287-293. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.017>
- Rad, A. H., Aghebati-Maleki, L., Kafil, H. S., Gilani, N., Abbasi, A., Khani, N. (2021). Postbiotics, as dynamic biomolecules, and their promising role in promoting food safety. *Biointerface Res Appl Chem*, *11*, 14529-14544. <https://doi.org/10.33263/BRIAC116.1452914544>
- Ruengvisesh, S., Khunrae, P., Rattanarojpong, T., Jongruja, N. (2020). The combined effect of formic acid and Nisin on potato spoilage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *24*, 101523. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101523>
- Romero-Luna, H. E., Hernández-Mendoza, A., González-Córdova, A. F., and Peredo-Lovillo, A. (2022). Bioactive peptides produced by engineered probiotics and other food-grade bacteria: A review. *Food Chemistry: X*, *13*, 100196. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2021.100196>
- Rühmkorf, C., Rübsam, H., Becker, T., Bork, C., Voiges, K., Mischnick, P., Brandt M.J., Vogel, R. F. (2012). Effect of structurally different microbial homoexopolysaccharides on the quality of gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, *235*(1), 139-146. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1746-3>
- Ryan, P. M., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Caplice, N. M., & Stanton, C. (2015). Sugar-coated: exopolysaccharide producing lactic acid bacteria for food and human health applications. *Food & function*, *6*(3), 679-693. <https://doi.org/10.1039/C4FO00529E>
- Shehata, M. G., Badr, A. N., El Sohaimy, S. A., Asker, D., Awad, T. S. (2019). Characterization of antifungal metabolites produced by novel lactic acid bacterium and their potential application as food biopreservatives. *Annals of Agricultural Sciences*, *64*(1), 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2019.05.002>
- Shukla, A., Mehta, K., Parmar, J., Pandya, J., Saraf, M. (2019). Depicting the exemplary knowledge of microbial exopolysaccharides in a nutshell. *European Polymer Journal*, *119*, 298-310. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.07.044>
- Skariyachan, S., Govindarajan, S. (2019). Biopreservation potential of antimicrobial protein producing *Pediococcus* spp. towards selected food samples in comparison with chemical preservatives. *International journal of food microbiology*, *291*, 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.002>

- Taşdemir, A. (2017). Probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler. *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 2(1), 71-88. <https://doi.org/10.25279/sak.300045>
- Tenea, G. N., & Barrigas, A. (2018). The efficacy of bacteriocin-containing cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum* Cys5-4 to control pathogenic bacteria growth in artisanal beverages. *International Food Research Journal*, 25(5).
- Tenea, G. N., Guaña, J. M. (2019). Inhibitory substances produced by native *Lactobacillus plantarum* UTNCys5-4 control microbial population growth in meat. *Journal of Food Quality*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9516981>
- Tenea G. N., Pozo T.D. (2019). Antimicrobial Peptides from *Lactobacillus plantarum* UTNGt2 Prevent Harmful Bacteria Growth on Fresh Tomatoes. *J. Microbiol. Biotechnol.* 29:1553-1560. <https://doi.org/10.4014/jmb.1904.04063>
- Tenea, G. N., Olmedo, D., Ortega, C. (2020). Peptide-based formulation from lactic acid bacteria Impairs the pathogen growth in *Ananas comosus* (Pineapple). *Coatings*, 10(5), 457. <https://doi.org/10.3390/coatings10050457>
- Tumbariski, Y., Nikolova, R., Petkova, N., Ivanov, I., & Lante, A. (2019). Biopreservation of Fresh Strawberries by Carboxymethyl Cellulose Edible Coatings Enriched with a Bacteriocin from *Bacillus methylotrophicus* BM47. *Food technology and biotechnology*, 57(2), 230–237. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.02.19.6128>
- Uğur, E., Bektaş, A., Ulusoy, M., Öner, Z. (2021). Paraprobiyotikler, postbiyotikler ve sağlık üzerine etkileri. *Gıda/The Journal of Food*, 46(2), 428–442. <https://doi.org/10.15237/gida>
- Venegas-Ortega, M. G., Flores-Gallegos, A. C., Martínez-Hernández, J. L., Aguilar, C. N., and Nevárez-Moorillón, G. V. (2019). Production of Bioactive Peptides from Lactic Acid Bacteria: A Sustainable Approach for Healthier Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1039–1051. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12455>
- Wang, J., Wu, T., Fang, X., Yang, Z. (2019). Manufacture of low-fat Cheddar cheese by exopolysaccharide-producing *Lactobacillus plantarum* JLK0142 and its functional properties. *Journal of dairy science*, 102(5), 3825-3838. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15154>
- Yang, Tongxiang, Kongyang Wu, Fang Wang, Xiaolin Liang, Qingsu Liu, Guanlin Li, ve Quanyang Li. (2014). Effect of exopolysaccharides from lactic acid bacteria on the texture and microstructure of buffalo yoghurt. *International Dairy Journal* 34(2):252–56. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.08.007>
- Yordshahi, A. S., Moradi, M., Tajik, H., Molaei, R. (2020). Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nanopaper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. *International journal of food microbiology*, 321, 108561. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108561>
- Żólkiewicz, J., Marzec, A., Ruszczyński, M., Feleszko, W. (2020). Postbiotics—a step beyond pre-and probiotics. *Nutrients*, 12(8), 2189. <https://doi.org/10.3390/nu12082189>



KOLESTEROL DÜŞÜRÜCÜ ETKİLERE SAHİP LACTOBACILLUS SPP. SUŞLARININ PEYNİRDE BAŞLATICI KÜLTÜR OLARAK KULLANIMI

Beste Fırıncioğulları*, Zübeyde Öner

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş / Received: 21.11.2021; Kabul / Accepted: 01.03.2022; Online baskı / Published online: 18.03.2022

Fırıncioğulları, B., Öner, Z. (2022). Kolesterol düşürücü etkilere sahip *Lactobacillus* spp. suşlarının peynirde başlatıcı kültür olarak kullanımı. GIDA (2022) 47 (2) 266-276 doi: 10.15237/gida.GD21141

Fırıncioğulları, B., Öner, Z. (2022). Use of *Lactobacillus* spp. strains with cholesterol-lowering effects as starter culture in cheese. GIDA (2022) 47 (2) 266-276 doi: 10.15237/gida.GD21141

ÖZ

Fermente süt ürünlerinde çok sayıda probiyotik mikroorganizma kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın olarak kullanılan laktik asit bakterileri (LAB), serum kolesterol seviyesinin düşürülmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada tulum peynirinden izole edilmiş *Lactobacillus* spp. suşlarının kolesterol asimilasyon yetenekleri belirlenmiş ve toplam kolesterol asimilasyonu %12.19 ile %68.22 arasında değişim göstermiştir. Kolesterol asimilasyon yeteneği yüksek olan LAB'ların safra ve asit dayanımları safra tuzu dekonjugasyonları incelenmiş ve MALDI TOF MS ile tanımlamaları yapılmıştır. Bunlar arasından seçilen mikroorganizmalarla başlangıç kültür kombinasyonları oluşturulmuş ve bu kombinasyonlardan peynir üretimleri gerçekleştirilmiştir. Peynir gruplarının 90 günlük depolama süresince ticari başlangıç kültürü ile üretilen kontrol peynirine kıyasla kolesterol asimilasyon yeteneklerindeki değişim HPLC ile aroma maddeleri üretimleri GC-MS ile belirlenmiştir. 90 günlük depolamanın sonunda kolesterol asimilasyonu 1. grup peynirde %52.85, 2. grup peynirde %33.12 ve kontrol peynirinde %30.02 olarak tespit edilmiştir. Çoğunlukla peynirde aroma maddesi olarak 2.3 bütandion, asetoin, asetik asit, kaprilik asit ve etanol olduğu belirlenmiştir. **Anahtar kelimeler:** Laktik asit bakterileri, *Lactobacillus* spp., probiyotikler, kolesterol, peynir

USE OF LACTOBACILLUS SPP. STRAINS WITH CHOLESTEROL-LOWERING EFFECTS AS STARTER CULTURE IN CHEESE

ABSTRACT

Many probiotic microorganisms are used in fermented dairy products. Lactic acid bacteria (LAB), which is the most widely used among these, plays an important role in lowering the serum cholesterol level. In this study, cholesterol assimilation abilities of the *Lactobacillus* spp. isolated from Tulum cheese were determined and total cholesterol assimilation percentages varied between 68.22% and 12.19%. Bile and acid resistance and bile salt deconjugation of LAB, which have high cholesterol assimilation ability, were examined and their definitions were made with MALDI TOF MS. Starter culture combinations were created with selected microorganisms and cheese were produced. The cholesterol assimilation abilities in cheese were determined by HPLC and aroma compounds production were determined by GC-MS during 90 days of storage. At the end of 90 days of storage, cholesterol assimilation was determined as 52.85% in 1st group cheese, 33.12% in 2nd group cheese and 30.02% in control cheese. It was determined 2.3 butanedione, acetoin, acetic acid, caprylic acid and ethanol as flavoring agents in cheese groups.

Keywords: Lactic acid bacteria, *Lactobacillus* spp., probiotics, cholesterol, cheese

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉: bestefrnc@gmail.com

☎: (+90) 530 945 3135

Beste Fırıncioğulları; ORCID no: 0000-0001-5209-6970

Zübeyde Öner; ORCID no: 0000-0003-2557-0731

GİRİŞ

Son yıllarda sağlığın beslenme ile korunması konusunda yapılan çalışmalar fonksiyonel gıda arayışına ve yeni ürünlerin gelişmesine neden olmaktadır. Diyetle alınan kolesterol miktarı ile koroner kalp rahatsızlıkları arasında ilişkinin tespit edilmesinden sonra kolesterolü gıda tüketimi azalmış ve kolesterolü düşük gıdaların üretimine yönelim olmuştur (Zhang vd., 2019). Yapılan bazı çalışmalarda serum kolesterolünde olan %1'lik azalmanın bile koroner kalp hastalık riskini %2-3 oranında azaltabileceğini göstermiştir (Liong ve Shah 2005; Albano vd., 2018). Dünya Sağlık Örgütü doymuş yağ, trans yağ, kolesterol ve tuz açısından yüksek olan gıdaların kardiyovasküler hastalıkları artırdığını bildirmiştir (Puska vd., 2011).

Uzun yıllardan beri laktik asit bakterilerinin (LAB) probiyotik olma özellikleri incelenmektedir. LAB'ların laktoz intoleransında iyileşme sağladığı, gastro intestinal sistemde bulaşıcı hastalıklara karşı direnç oluşturduğu ve daha iyi sindirime neden olduğu bilinmektedir (Clarke vd., 2012; Kanmani vd., 2013; Jeong vd., 2016). *Lactobacillus* türlerinin yanı sıra bazı mayalarında kolesterol seviyesini azaltıcı etkilere sahip olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Nguyen vd., 2007; Ooi ve Liong, 2010; Jitpakdee vd., 2020). Fermente bir süt ürünü olan peynir, kendine özgü özelliklerinin yanı sıra sağlık üzerine etki eden önemli bir LAB kaynağıdır. Özellikle süt ürünlerinde kolesterolü düşürmek için uygulanan kimyasal ve fiziksel işlemlere potansiyel bir alternatif olarak LAB'ları kullanma konusunda yapılan çalışmalar oldukça azdır (Albano vd., 2018). Fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi gıda sektörü için önemlidir. Ayrıca bu tip gıdaların üretilmesi süt endüstrisinde küresel pazarda yer bulması açısından da önemlidir.

Bu çalışmada, süt kökenli LAB'ların, kolesterol asimilasyon yetenekleri ile bu bakteriler tarafından kolesterol asimilasyonunda safra tuzu dekonjugasyonu etkisinin belirlenmesi hedeflenmiş ve kolesterol asimilasyon yeteneği bulunan LAB suşları ile başlangıç kültür kombinasyonları oluşturularak fonksiyonel beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Süleyman Demirel Üniversitesi süt laboratuvarı kültür koleksiyonunda yer alan Tulum peynirinden izole edilmiş ve fenotipik tanımlamaları yapılmış 46 adet *Lactobacillus* türü bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır.

Kültürlerin aktifleştirilmesi

Araştırmada kullanılmak üzere seçilen suşlar ön aktifleştirmeye tabi tutulmuştur. Bu amaçla, MRS sıvı besiyerine (Sigma) inoküle edilen suşların anaerobik jar (Merck) içerisinde Anaerocult A (Merck) ile 37°C'de 24 saat inkübe edilerek gelişmeleri sağlanmıştır.

Başlatıcı kültür olarak seçilen suşlar steril koşullar altında Skim Milk (%11) besiyerine inoküle edilmiş ve peynir üretiminde kullanılmış olan başlatıcı kültürler elde edilmiştir.

Mikroorganizmaların kolesterol asimilasyonunun belirlenmesi

İzolatların kolesterol asimile etme yetenekleri Rudel ve Morris (1973) tarafından açıklanan yöntemlere göre yapılmıştır. 150mg/L oranında kolesterol (Sigma) içeren MRS-THİO sıvı besiyerine 18 saatlik aktif kültürden %1 oranında aşılama yapılmış ve 24 saat süresince 37°C'de anaerobik şartlarda (anaerobik jar içerisinde anaerocult A kiti ıslatılarak hazırlanan ortamda) inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası hücreler 10 dakika 12.000×g' de 1°C'de santrifüj edilmiştir. Aynı miktarda destile su pelet üzerine ilave edilerek tekrar süspansiyon haline getirilmiştir. Her bir örnekten 0.5 mL temiz bir test tüpüne alınmış ve üzerine önce 3 mL %95'lik etanol sonra 2 mL %50'lik potasyum hidroksit ilave edilmiş ve tüpler karıştırılmıştır. Tüpler 10 dakika 60°C'lik su banyosuna tutulmuştur. Soğuduktan sonra üzerlerine 5 mL hekzan ilave edilmiştir. Tüp karıştırıcıda 20 saniye süre ile 5 kez karıştırılmış ve üzerine 3 mL destile su ilave edilerek karıştırma işlemi tekrarlanmıştır. Tüpler 15 dakika oda sıcaklığında faz ayrımı için bekletilmiştir. Her bir tüpteki hekzan 60°C'de evapore edilmiş ve hekzan uçurulmuştur. Tüplerin üzerilerine mililitresinde 0.5 mg *o-phthalaldehyde* olacak asetik asitte hazırlanan 4 mL *o-phthalaldehyde* (Sigma) çözeltisi

ilave edilmiştir. Tüpler 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve 2 mL konsantre sülfürik asit yavaşça tüpün kenarından ilave edilmiş ve tüp karıştırıcıda tekrar karıştırılmıştır. 40°C su banyosunda bekletilen tüplerin 550 nm'de kontrole (su) karşı Shimadzu UV-1601 model spektrofotometrede okunması yapılmıştır. Absorbans değerleri kolesterol miktarını belirlemek amacıyla standart kurve ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar µg/mL olarak belirtilmiştir. Aynı işlemler 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 µg kolesterol içeren örneklerde de uygulanarak standart kurve çizilmiştir.

Kolesterolü azaltma yüzdesi aşağıdaki formülden hesaplanmıştır:

$$(1) A=100-[(B/C)\times 100],$$

A=yüzde kolesterolü azaltma oranı,

B=hücreleri içeren kısımda kolesterol miktarı (µg),

C=hücreleri içermeyen kısımdaki kolesterol miktarı (µg) (Öner ve Aloglu, 2005).

Mikroorganizmaların asit toleransının belirlenmesi

Kolesterol asimile etme oranları yüksek olduğu belirlenen suşların asit toleransı Pereira ve Gibson (2002)'de belirtilen yöntemle analiz edilmiştir.

Mikroorganizmaların safra tuzuna dayanıklılık testi

Seçilen LAB'nin safra tuzuna dayanıklılık testi Walker ve Gilliland (1993)'de belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Mikroorganizmaların safra tuzlarını dekonjuge etme özelliklerinin belirlenmesi

Seçilen LAB'ın safra tuzlarını dekonjuge etme özelliklerinin belirlenmesinde safra tuzu içeren MRS agarların (Sigma) hazırlanması için taurokolik asitin (TCA) ve glikolik asitin (GCA) sodyum tuzları (Sigma) 1 mM olacak şekilde %0.3 safra tuzu içeren MRS agara (Sigma) ayrı ayrı ilave edilmiştir. Ek olarak 0.37 g/L CaCl₂ ilave edilmiştir. Kontrol besiyerine safra tuzu ilave edilmemiştir. 10 µL damla kültür yöntemi ile ekim yapılmıştır. 37°C'de 72 saat süresince anaerobik olarak inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında

opak tanecikli beyaz kolonilerin etraflarında zon oluşturma özelliklerine göre değerlendirme yapılmıştır.

Mikroorganizmaların MALDI-TOF MS biotyper sistemi ile identifikasyonu

Kolesterol asimile etme yüzdeleri yüksek olan 15 adet izolatın kütle spektrometrik analizi Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Analiz için MALDI TOF/TOF-MS Biotyper System (Bruker Autoflex Speed) kullanılmıştır.

Peynir üretimi

Peynirler, Isparta Cebeci Süt ve Süt Ürünleri fabrikasında pastörize inek sütünden üretilmiştir. Lb3, Lb9 ve Lb16 kodlu izolatlardan 1. başlatıcı kültür kombinasyonu, *L. plantarum* Lb25, *L. paracasei* Lp5 ve *L. paracasei* Lp6 kodlu izolatlardan ise 2. başlatıcı kültür kombinasyonu oluşturulmuş ve 1.grup ve 2. grup peynir üretimlerinde kullanılmıştır. Çalışmada kontrol grup peynir örnekleri için başlatıcı kültür olarak Chr. Hansen firmasına ait proteolitik aktivitesi yüksek olan White Classic 200 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ve proteolitik aktivitesi düşük olan R 608 (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis*) kullanılmıştır.

Peynirde kolesterol tayini

Peynirdeki kolesterol analizinde ters faz Shimadzu LC-20 AT serisi HPLC, Zorbax 300 SB-C8 monomerik kolon (250 x 9,4 mm i.d., 6.5 µm partikül büyüklüğü, 300 A0 por çapı, Agilent, Waldbronn, Almanya) cihazı kullanılmıştır. Albuquerque vd. (2016), çalışmalarında kullandığı yöntem uygulanmıştır. Kolesterol tanımlaması, kolesterol standardının alıkonma süresi ve UV spektrumuna göre yapılmıştır. Daha sonra pik alan hesaplamaları dikkate alınarak kolesterol azalma oranları hesaplanmıştır.

Peynirlerde GC-MS ile aroma maddelerinin belirlenmesi

Deneme peynir gruplarının uçucu bileşenlerinin belirlenmesi SPME sistemi kullanılarak Gaz Kromatografisi Kütle Spektroskopisi (GC-MS) ile

Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Analiz için, Gaz Kromatografisi Kütle Spektroskopisi (GC-MS) Shimadzu GC-2010 Plus Shimadzu GC-MS QP2010 SE kullanılmıştır. Kolon dedektör sıcaklığı 250°C'dir. Fırın sıcaklığı 40°C de 2 dakika bekletildikten sonra her dakikada 4°C artırılarak 250°C'de 5 dakika bekletilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

İstatiksel değerlendirme

Çalışmada üzerinde durulan özellikler bakımından elde edilen sonuçlar faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile Minitab 16 programı kullanılarak analiz edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Materyal olarak kullanılan ve fenotipik yöntemlerle tanımlamaları yapılan 46 adet LAB'nin kolesterol asimile etme yetenekleri incelenmiştir. Kolesterol asimilasyon oranları yüksek olarak belirlenen 15 adet laktobasilin asit ve safra dayanımları ve ayrıca safra tuzu dekonjugasyon özellikleri belirlenmiştir. Laktobasiller arasından seçilen 6 adet laktobasilden 2 farklı başlatıcı kültür kombinasyonları oluşturulmuş ve peynir üretimleri gerçekleştirilmiştir. 90 günlük depolamanın sonunda peynir gruplarının kolesterol asimilasyon değerleri ve aroma bileşenleri incelenmiştir.

Kolesterol asimilasyonunun belirlenmesi

Tulum peynirinden izole edilmiş olan 46 adet *Lactobacillus* spp. suşunun kolesterol asimilasyon oranları Çizelge 1'de verilmiştir. 46 laktobasil içerisinden 20 adetinin kolesterol asimilasyon değerleri %45'ten büyük bulunmuştur. 20 laktobasil içerisinden seçilen 15 adedi MALDI TOF MS ile tanımlamaları yapılmış ve 5 adedi *Lacticaseibacillus paracasei*, 10 adedi ise *Lactiplantibacillus plantarum* olarak belirlenmiştir. *Lactobacillus* cinsi bakterilerin farklı suşları üzerine çeşitli çalışmalarda genellikle bu bakterilerin kolesterol asimilasyon yeteneği olduğu gözlemlenmiştir. Ancak Çizelge 1'de de görüldüğü gibi bazı bakterilerin kolesterol asimilasyon oranları düşük bulunmuştur. Sonuç olarak *Lactobacillus* cinsi bakterilerin kolesterol asimilasyon oranları suş düzeyinde değişkenlik

göstermiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda bakterilerin, kolesterol asimile etme yetenekleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P < 0.01$).

Choi vd. (2015a), LAB'nin kolesterol azaltıcı etkisini incelemek üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, *L. plantarum* EM, *L. sakei* DC1, *L. acidophilus* ATCC 43121 suşları arasından en yüksek kolesterol asimilasyonunun sırasıyla *L. plantarum* EM (%88.12), *L. acidophilus* ATCC 43121 (%80.69), *L. sakei* DC1 (%6.44) olduğunu gözlemlenmişlerdir. Abushelaibi vd. tarafından (2017), deve sütünden izole edilen LAB'nin kolesterol asimilasyonu incelenmiştir. Çalışma sonucunda *L. lactis* KX881768, *L. plantarum* KX881772, *L. lactis* KX881782 ve *L. plantarum* KX881779'un %30'un üzerinde kolesterol azaltıcı etki sergilediği belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada *L. plantarum* CAAS 18008 suşu kolesterol asimilasyon yetenekleri açısından incelenmiş ve toplam kolesterolü %21.7 düşürdüğü gözlemlenmiştir (Ma vd., 2019). Öner ve Aslım (2012) tarafından, 20 adet *Lactobacillus* cinsi bakterilerin kolesterol asimilasyon oranları incelenmiştir. Çalışma sonucunda bakterilerin besi ortamındaki kolesterolü asimile oranlarının %4.8 ile %22.5 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Farklı türler arasındaki en yüksek kolesterol asimilasyonuna sahip suşun *L. plantarum* GD2 (%23.1±0.3) olduğu belirlenmiştir.

Asit toleransı bulguları

Mikroorganizmaların asidik ortama dirençleri probiyotik olma özelliklerinin başında gelir. Midenin pH değerinin 2.0 civarında olması nedeni ile mikroorganizmaların bu asitliğe dayanmaları önemlidir. Bu nedenle düşük pH'ya dayanma sürelerini belirlemek için in vitro tolerans testleri yapılmalıdır (Castorena-Alba vd., 2017).

Çalışmamızda kolesterol asimilasyonu yüksek olan suşlar arasından seçilen 15 adet mikroorganizmanın pH 2'de gelişme durumları incelenmiştir. 15 adet mikroorganizma içerisinden 7 adedi 120 dakikalık inkübasyon süresinde canlılıklarını yitirirken 8 adedi canlılığını sürdürmüştür. 120 dk sonunda en yüksek canlı bakteri sayısı %91.8 ile *L. plantarum* Lb9 suşunda tespit edilmiştir. *L. plantarum* Lp4, *L. plantarum*

Lp5, *L. plantarum* Lb36'nın pH 2'de 120 dakikalık inkübasyon sonunda sırasıyla %87.87, %78.88 ve %68.22 canlılık gösterdiği belirlenmiştir. Huang vd. (2013) tarafından verilen literatür verileri

çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çizelge 2'de mikroorganizmaların pH 2.0'ye karşı 0., 1. ve 2. saat sonundaki gelişme durumları verilmiştir.

Çizelge 1. MRS THIO sıvı besiyerinde azalan kolesterolün ölçüm bulguları
Table 1. Measurement findings of decreased cholesterol in MRS THIO broth

LAB	Azalan Kolesterol Reduced Cholesterol (%)	LAB	Azalan Kolesterol Reduced Cholesterol (%)
Lb1	29.80±0.77	Lb20	30.81±0.82
Lb2	50.20±0.77	Lb21	36.58±1.68
Lb3	49.21±1.41	Lb22	36.58±1.68
Lp1	56.71±0.63	Lb23	39.13±0.58
Lb4	27.61±0.03	Lb24	43.49±0.22
Lb5	44.37±1.35	Lb25	51.89±0.67
Lb6	56.48±1.20	Lb26	68.22±0.20
Lb7	37.26±0.81	Lb27	25.47±1.61
Lb8	58.36±1.41	Lp5	65.55±0.33
Lb9	52.92±0.77	Lb28	12.19±1.22
Lb10	27.32±0.91	Lb29	29.89±0.92
Lb11	14.72±2.12	Lb30	44.94±0.86
Lb12	13.34±1.12	Lb31	40.02±0.80
Lb13	44.38±1.58	Lp6	49.86±0.52
Lb14	52.59±0.94	Lb32	21.87±1.95
Lb15	25.56±1.08	Lb33	49.83±1.01
Lp2	45.55±1.10	Lb34	19.16±0.85
Lp3	53.39±1.18	Lb35	45.68±0.81
Lb16	63.66±1.90	Lb36	51.85±0.57
Lp4	63.05±1.92	Lb37	50.24±0.42
Lb17	41.82±0.79	Lb38	52.17±0.55
Lb18	41.20±1.23	Lb39	28.86±0.44
Lb19	37.04±0.31	Lb40	41.30±1.05

Safra toleransı bulguları

Probiyotik bakterilerin safra varlığında canlılığını koruyabilmesi önemli bir özelliktir. Kolesterol asimilasyonu yüksek olan suşlar arasından seçilen 15 adet mikroorganizmanın hepsi safraya yüksek dayanım göstermiştir (Çizelge 3).

Yapılan bir çalışmada, *L. plantarum* P25Lb1 suşu, %0.3 safra konsantrasyonundaki direnci test edilmiştir. Çalışmada sonucunda P251b1 izolatu 4 saatlik inkübasyondan sonra %97 canlılık göstermiştir (Ait Seddik vd., 2017). Kahraman vd.

(2020), sağlıklı bireylerin dışkı örneklerinden izole ettikleri 82 suşun probiyotik olma özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada %0.3 safra tuzuna dayanımın incelenmesi sonucunda, suşların tamamının canlılıklarını koruyabildiği tespit edilmiştir. 82 suştan 77 adedi (%94), %0.3 safra tuzuna karşı yüksek dayanım, diğerlerinin ise düşük dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışmamızda kolesterol asimilasyon oranı yüksek olan suşlardan seçilen 15 suştan 15 adedinin de (%100) safra tuzuna karşı yüksek dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 2. Mikroorganizmaların pH 2'de gelişme durumları (log kob/mL)
 Table 2. Development status of microorganisms at pH 2 (log cfu/mL)

Bakteriler <i>Bacteria</i>	0. dk <i>0. min</i>	60. dk <i>60. min</i>	120. dk <i>120. min</i>	0-120. dk'da dayanma oranları <i>Resistance rates at 0- 120 min (%)</i>
Lb3	8.17±0.07	7.79±0.02	5.00±0.07	61.19
Lp1	7.80±0.13	7.24±0.05	0	0
Lb6	7.49±0.13	6.96±0.01	0	0
Lb8	7.89±0.22	7.36±0.02	0	0
Lb9	7.81±0.11	7.58±0.01	7.17±0.02	91.80
Lb14	7.53±0.12	3.35±0.07	0	0
Lp3	7.23±0.08	6.50±0.04	0	0
Lb16	8.19±0.21	7.26±0.02	3.28±0.01	40.04
Lp4	8.00±0.09	7.64±0.03	7.03±0.01	87.87
Lb25	7.79±0.28	7.43±0.07	3.22±0.07	41.33
Lb26	6.45±0.11	4.92±0.05	0	0
Lp5	7.91±0.14	7.61±0.05	6.24±0.09	78.88
Lp6	7.56±0.14	2.61±0.03	0	0
Lb36	7.93±0.11	7.30±0.03	5.41±0.19	68.22
Lb38	8.39±0.11	7.87±0.26	5.30±0.01	63.17

Çizelge 3. Mikroorganizmaların %0.3 safra varlığında gelişme durumları (log kob/mL)
 Table 3. Development status of microorganisms in the presence of 0.3% bile (log cfu/mL)

Bakteriler <i>Bacteria</i>	0. saat <i>0. hour</i>	3. saat <i>3. hour</i>	6. saat <i>6. hour</i>
Lb3	6.02	6.53	6.77
Lp1	7.19	7.31	8.17
Lb6	6.77	7.30	7.87
Lb8	7.09	7.31	8.09
Lb9	6.92	6.87	7.31
Lb14	6.98	7.62	8.05
Lp3	6.83	7.06	7.22
Lb16	7.17	6.95	8.15
Lp4	7.00	7.57	7.58
Lb25	7.26	7.38	7.69
Lb26	7.19	7.38	7.43
Lp5	7.15	7.71	7.92
Lp6	7.00	8.06	7.61
Lb36	6.77	6.74	8.24
Lb38	7.19	7.51	8.06

Safra tuzu dekonjugasyon bulguları

Birçok probiyotik mikroorganizma, glisin veya taurin ile bağlantılı safra tuzlarının dekonjugasyonunu katalize eden safra tuzu hidrolaz (BSH) enzimini üretme yeteneğine sahiptir. BSH enzimi ile kolesterol asimilasyonu arasında bir ilişki olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Bhat ve Bajaj, 2020; Hernández-Gómez vd., 2021). Probiyotik laktobasillerin safra tuzlarını BSH enzimi ile serbest asitlere parçalayıp konjuge safra tuzlarını intestinal sistemden daha hızlı uzaklaştırdıkları ve böylece kolesterol konsantrasyonunu düşürdükleri yönünde hipotezler mevcuttur (Choi vd., 2015b). Aktif BSH içeren LAB'ların veya bunları içeren ürünlerin, konakçı safra tuzu metabolizması ile etkileşim yoluyla kolesterol seviyelerini düşürdüğü de öne sürülmüştür. BSH aktivitesine sahip laktobasillerin, enterohepatik döngünün meydana geldiği alt ince bağırsakta hayatta kalma ve kolonileşme avantajı vardır ve bu nedenle BSH aktivitesi, önemli bir kolonizasyon

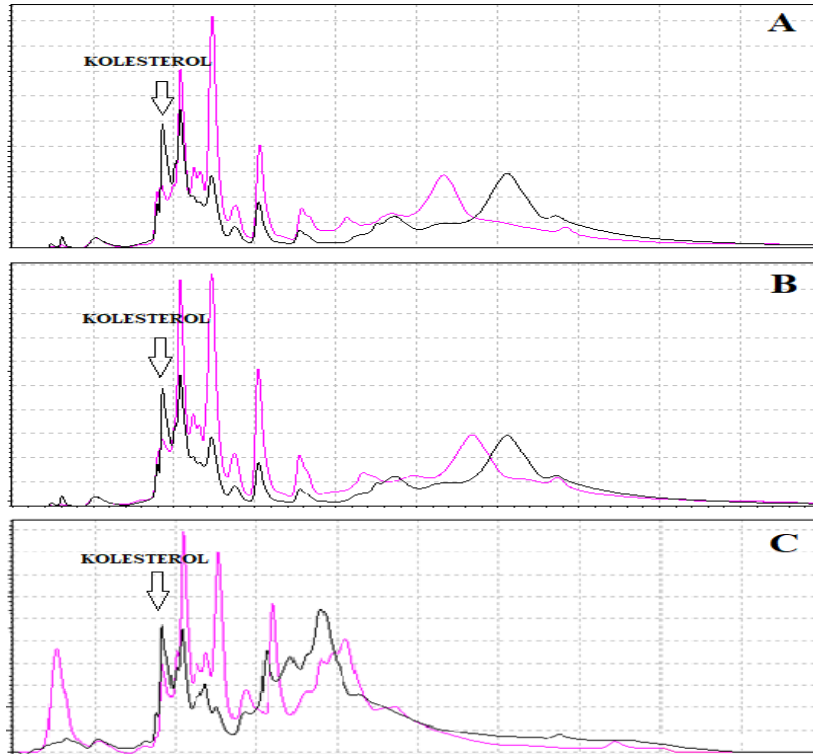
faktörü olarak düşünülmektedir (Kumar vd., 2012).

Hernández-Gomez vd. (2021), krem peynirden izole edilen potansiyel olarak probiyotik bir suş olan *L. plantarum* DGIA1'un sodyum glikokrat ve taurokolat varlığında sırasıyla %69 ve %81 dekonjugasyon aktiviteleri gösterdiğini bildirmiştir.

Çalışmada kolesterol asimilasyonu yüksek olan 15 adet bakterinin hepsinin BSH aktivitelerinin olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Peynirlerde kolesterol oranları

Seçilmiş suşlarla üretilmiş olan peynirlerin kolesterol kromatogramları Şekil 1'de verilmiştir. Peynirlerde % kolesterol asimilasyonları % pik alanlarına göre hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.



Şekil 1. Peynir örneklerinde 1. ve 90. günde belirlenen HPLC kromatogramları

Figure 1. HPLC chromatograms determined on the 1st and 90th days in the cheese samples

Siyah pik: 1. gün, pembe pik: 90. gün, A: 1. grup, B: 2. grup, C: Kontrol grup
Black peak: 1st day, Pink peak: 90th day, A: 1st group, B: 2nd group, C: Control group

Çizelge 4. Peynir örneklerinin kolesterol asimilasyon oranları
 Table 4. Cholesterol assimilation rates in cheese samples

Peynir Örnekleri <i>Cheese samples</i>	Depolama süresi (gün) <i>Storage time (day)</i>	Alıkonma Zamanı (dk) <i>Retention time (min)</i>	Alan <i>Area</i> (%)	Asimilasyon <i>Assimilation</i> (%)
1. grup <i>1. group</i>	1	4-5	6.77	52.85
	90	4-5	3.19	
2. grup <i>2. group</i>	1	4-5	7.42	33.12
	90	4-5	4.96	
Kontrol grup <i>Control group</i>	1	4-5	6.25	30.02
	90	4-5	4.37	

Pisano vd. (2020), probiyotik suşlar içeren farklı mikrobiyel kültür kombinasyonları kullanarak pastörize koyun sütünden üretilen probiyotik Caciotta peynirleri ve ticari başlangıç kültür kullanarak üretilen kontrol peynirin olgunlaşma süresince peynirlerin kolesterol, α -tokoferol ve yağ asidi bileşimleri HPLC-DAD/ELSD teknikleri ile karakterize etmiştir. Çalışmanın sonucunda probiyotik peynir örneklerinin kontrol peynir örneğine göre daha düşük kolesterol içerdiği gözlenmiştir. Bir başka çalışmada 58 potansiyel probiyotik LAB, in vitro sindirimde canlı kalma, kolesterol ve safra asitleri içeren bir ortamda kolesterolü azaltma yetenekleri açısından incelenmiştir. En iyi performans gösteren suşlar (*L. casei*, *L. paracasei*, *L. plantarum*, *E. faecium* ve *E. lactis*) besiyerinde kolesterol seviyesini %42 ila %55 oranında azaltmış ve peynir üretiminde kullanılmıştır. Sonuç olarak tüm peynirlerdeki kolesterol içeriğinin en yüksek %23'e kadar azaldığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar LAB suşlarının peynirde, besiyeri ortamına göre daha düşük bir kolesterol azaltma yeteneği gösterdiğini bildirmiştir (Albano vd., 2018).

GC-MS ile peynirlerdeki aroma maddelerinin belirlenmesi

Peynirlerin karakteristik aroması, peynir üreticileri için özellikle önemli olan bir kalite bileşenidir. LAB'ların lipolitik ve proteolitik aktiviteleri, peynirin olgunlaştırılması sırasında karakteristik tat, aroma ve tekstürün oluşuna katkıda bulunmaktadır (Turhan ve Öner, 2012). Bu nedenle, gıdadaki uçucu bileşiklerin varlığı, içeriği ve bileşimi, kalitesi üzerinde önemli bir etkiye

sahiptir. Peynir çeşidinin aroması, olgunlaşma sürecinde süt yağı, protein ve karbonhidratlardan kaynaklanan uçucu ve uçucu olmayan kimyasal bileşikler arasındaki karmaşık dengenin sonucudur (Delgado vd., 2011).

GC-MS ile peynir gruplarında 6 adet asit, 6 adet keton, 3 adet aldehit, 1 adet alkol, 9 adet terpen olmak üzere toplam 25 adet aroma bileşiği tespit edilmiştir. Aromatik bileşiklerden asetik asit, kaprilik asit ve asetoin bileşikler olgunlaşma sürecinin tüm aşamalarında tespit edilmiştir. Ancak asetik asit miktarı kontrol peynirinde diğer peynirlere kıyasla depolama boyunca azalmıştır. Kaprilik asit miktarında ise 2. grup peynirinde depolama boyunca artış gözlenirken kontrol grup ve 1. grup peynirlerde depolama süresince azalma gözlenmiştir. Asetoin miktarında ise kontrol peynirinde depolama süresince azalma görülürken 1. ve 2. grup peynirlerde depolama boyunca artış gözlenmiştir. 2.3 bütandion oranı kültür kombinasyonu eklenen peynirlerde depolama ile birlikte arttığı gözlemlenirken kontrol peynirinde depolama boyunca azaldığı tespit edilmiştir. Hazırlanan kültür kombinasyonları ile üretilen 1. ve 2. grup peynirlerin ticari başlangıç kültür kullanılarak üretilen kontrol gruba göre daha fazla aroma bileşiği içerdiği gözlemlenmiştir.

Sezen Demirci vd. (2012), inek, koyun ve keçi sütünden üretilen peynirlerin aroma profillerinin belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi analizleri sonucu inek beyaz peynirinde; 6 adet ester, 7 adet keton, 5 adet aldehit, 16 adet alkol; asidik fazda 9

adet asidik bileşik olmak üzere toplam 43 tane bileşik tespit edilmiştir. Capozzi vd. (2020), Headspace-Solid Phase Microextraksiyon-Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometrisi (HS-SPME GC-MS) ve Proton-Transfer Reaksiyonu Kütle Spektrometrisi (PTR-ToF-MS) ile bir İtalyan peyniri olan Mascarpone peynirinin uçucu bileşenlerini tespit etmiştir. Sonuç olarak peynirde farklı kimyasal sınıflara ait toplam 27 bileşik (dokuz keton, beş alkol, dört asit, üç hidrokarbon, iki furan, bir ester, bir lakton, bir aldehit ve bir oksim) tanımlanmıştır. Yapılan bir çalışmada probiyotik kültür *L. plantarum* B ve *L. lactis* spp. *lactis* S1'eklenerek ve kültür kullanılmadan peynir üretilmiş, bu peynirler arasında *L. plantarum* B ve *L. lactis* spp. *lactis* S1'in eklenen peynirlerin, kontrol peynire göre daha iyi duyuşsal özelliklere ve uçucu aromatik bileşiklerin kimyasal profiline sahip olduğu tespit edilmiştir (Kostelac vd., 2020).

SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile laktobasillerin kolesterol asimile etme yeteneklerinin olduğu ve bunların probiyotik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. 49 adet bakteri arasından seçilen 5 adet *L. paracasei* ve 10 adet *L. plantarum*'un başlatıcı kültür olabilme özelliğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ticari başlatıcı kültürlerle üretilen kontrol grubuna göre oluşturduğumuz kültür kombinasyonlarının kolesterol asimilasyon oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiş ve peynirde daha fazla aroma bileşenlerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu mikroorganizmaların kullanılması ile fonksiyonel farklı gıdalarda üretilebilecektir. Ancak bu mikroorganizmaların hipokolesterolemik etkisinin belirlenmesi için in vivo çalışmalara ihtiyaç vardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından FYL-2020-7469 no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu çalışmada başka kişi ya da kurum ve kuruluşlar ile bir çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

YAZAR KATKILARI

Zübeyde Öner, araştırmanın planlamasını yapmış, Beste Fıncıoğulları laboratuvar çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Yazarlar, ortak çalışma sonucu makaleyi yayına hazırlamışlardır.

KAYNAKLAR

Abushelaibi, A., Al-Mahadin, S., El-Tarabily, K., Shah, N. P., Ayyash, M. (2017). Characterization of potential probiotic lactic acid bacteria isolated from camel milk. *LWT-Food Science and Technology*, 79: 316–325. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.041>

Ait Seddik, H., Bendali, F., Cudennec, B., Drider, D. (2017). Anti-pathogenic and probiotic attributes of *Lactobacillus salivarius* and *Lactobacillus plantarum* strains isolated from feces of Algerian infants and adults. *Research in Microbiology*, 168(3): 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2016.12.003>

Albano, C., Morandi, S., Silvetti, T., Casiraghi, M. C., Manini, F., Brasca, M. (2018). Lactic acid bacteria with cholesterol-lowering properties for dairy applications: In vitro and in situ activity. *Journal of Dairy Science*, 101(12): 10807–10818. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15096>

Albuquerque, T. G., Oliveira, M. B. P. P., Sanches-Silva, A., Costa, H. S. (2016). Cholesterol determination in foods: Comparison between high performance and ultra-high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 193: 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.109>

Bhat, B., Bajaj, B. K. (2020). Multifarious cholesterol lowering potential of lactic acid bacteria equipped with desired probiotic functional attributes. *3 Biotech*, 10(5), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02183-8>

Capozzi, V., Lonzarich, V., Khomenko, L., Cappellin, L., Navarini, L., Biasioli, F. (2020). Unveiling the Molecular Basis of Mascarpone Cheese Aroma: VOCs analysis by SPME-GC/MS and PTR-ToF-MS. *Molecules*, 25(5): 1–14. <https://doi.org/10.3390/molecules25051242>

Castorena-Alba, M.M., Vázquez-Rodríguez, J.A., López-Cabanillas Lomelí, M., González-

- Martínez, B.E., (2017). Cholesterol Assimilation. Acid And Bile Survival Of Probiotic Bacteria Isolated From Food And Reference Strains. *CYTA*, 1 (16), 36–41. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1335347>
- Choi, E. A., Chang, H. C. (2015a). Cholesterol-lowering effects of a putative probiotic strain *Lactobacillus plantarum* EM isolated from kimchi. *LWT- Food Science and Technology*, 62(1): 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.019>
- Choi, S. B., Lew, L. C., Yeo, S. K., Parvathy, S. N., Liong, M. T. (2015b). Probiotics and the BSH-related cholesterol lowering mechanism: A Jekyll and Hyde scenario. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(3): 392–401. <https://doi.org/10.3109/07388551.2014.889077>
- Clarke, G., J. F. Cryan, T. G. Dinan, and E. M. Quigley. (2012). Review article: Probiotics for the treatment of irritable bowel syndrome Focus on lactic acid bacteria. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 35:403–413. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2011.04965.x>
- 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(3): 1156–1163. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.096>
- Hernández-Gómez, J. G., López-Bonilla, A., Trejo-Tapia, G., Ávila-Reyes, S. V., Jiménez-Aparicio, A. R., Hernández-Sánchez, H. (2021). In vitro bile salt hydrolase (Bsh) activity screening of different probiotic microorganisms. *Foods*, 10(3): 1–10. <https://doi.org/10.3390/foods10030674>
- Huang, Y., Wang, X., Wang, J., Wu, F., Sui, Y., Yang, L., Wang, Z. (2013). *Lactobacillus plantarum* strains as potential probiotic cultures with cholesterol-lowering activity. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2746–2753. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6123>
- Jeong, J. H., C. Y. Lee, and D. K. Chung. (2016). Probiotic lactic acid bacteria and skin health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56:2331–2337. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.834874>
- Jitpakdee, J., Kantachote, D., Kanzaki, H., Nitoda, T. (2020). Selected probiotic lactic acid bacteria isolated from fermented foods for functional milk production: Lower cholesterol with more beneficial compounds. *LWT- Food Science and Technology*, 135(2021), 110061. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110061>
- Kahraman, M., Karahan Çakmakçı, A. G., Terzioğlu, M. E. (2020). Probiyotik Özellik gösteren bazı Laktik Asit Bakterileri ve Mayaların Tümör Baskılayıcı Etkilerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Isparta, Türkiye, 198 s.
- Kanmani, P., R. Satish Kumar, N. Yuvaraj, K. A. Paari, V. Pattuku-mar, and V. Arul. (2013). Probiotics and its functionally valuable products A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:641–658. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.553752>
- Kostelac, D., Vrdoljak, M., Markov, K., Delaš, I., Jug, T., Kljusurić, J. G., Jakopović, Ž., Čanak, I., Jelić, M., Frece, J. (2020). SPME-GC-MS and multivariate analysis of sensory properties of cheese in a sack matured with probiotic starter cultures. *Food Technology and Biotechnology*, 58(2), 128–137. <https://doi.org/10.17113/ftb.58.02.20.6439>
- Kumar, M., Nagpal, R., Kumar, R., Hemalatha, R., Verma, V., Kumar, A., Chakraborty, C., Singh, B., Marotta, F., Jain, S., Yadav, H. (2012). Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. *Experimental Diabetes Research*, 2012: 1-14. <https://doi.org/10.1155/2012/902917>
- Liong, M. T., and N. P. Shah. (2005). Optimization of cholesterol removal by probiotics in the presence of prebiotics by using a response surface method. *Applied and Environmental Microbiology*, 71:1745–1753. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.4.1745-1753.2005>
- Ma, C., Zhang, S., Lu, J., Zhang, C., Pang, X., Lv, J. (2019). Screening for cholesterol-lowering probiotics from lactic acid bacteria isolated from corn silage based on three hypothesized

- pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9): 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijms20092073>
- Nguyen, T. D. T., Kang, J. H., Lee, M. S. (2007). Characterization of *Lactobacillus plantarum* PH04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *International Journal of Food Microbiology*, 113(3): 358–361. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.08.015>
- Öner, Ö., Aslım, B. (2012). *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* cinsi Bakterilerin Kolesterol Giderimi Özellikleri ile Safra Tuzu Hidrolaz (BSH) Enzim Aktiviteinin ve Geninin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 69 s.
- Öner, Z., Aloğlu, H. (2005). Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Kullanılması ile Kolesterolün Azaltılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye, 67 s.
- Ooi, L. G., Liong, M. T. (2010). Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: A review of in Vivo and in Vitro Findings. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(6): 2499–2522. <https://doi.org/10.3390/ijms11062499>
- Pereira, D. I. A., Gibson, G. R. (2002). Cholesterol assimilation by lactic acid bacteria and bifidobacteria isolated from the human gut. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(9): 4689–4693. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.9.4689-4693.2002>
- Pisano, M. B., Rosa, A., Putzu, D., Cesare Marincola, F., Mossa, V., Viale, S., Fadda, M. E., Cosentino, S. (2020). Influence of Autochthonous Putative Probiotic Cultures on Microbiota, Lipid Components and Metabolome of Caciotta Cheese. *Frontiers in Microbiology*, 11: 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.583745>
- Puska, P., S. Mendis, B. Norrving, and World Health Organization. (2011). Global Atlas on Cardiovascular Disease Prevention and Control. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Rudel, L. L., Morris, M. D. (1973). Determination of cholesterol using o phthalaldehyde. *Journal of Lipid Research*, 14(3): 364–366.
- Sezen Demirci, F., Koçak, C. (2012). Beyaz Peynirde Aroma Profilinin Karakterizasyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, 114 s.
- Turhan, İ., Öner, Z. (2012). Kaşar Peyniri Üretimi için Starter Kültür İzolasyonu ve İzolatların FTIR Spektroskopisi ile Tanısının Yapılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye, 112 s.
- Walker, D. K., Gilliland, S. E. (1993). Relationships Among Bile Tolerance, Bile Salt Deconjugation, and Assimilation of Cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Dairy Science*, 76(4): 956–961. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77422-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77422-6)
- Zhang, T., Yuan, D., Xie, J., Lei, Y., Li, J., Fang, G., Tian, L., Liu, J., Cui, Y., Zhang, M., Xiao, Y., Xu, Y., Zhang, J., Zhu, M., Zhan, S., Li, S. (2019). Evolution of the Cholesterol Biosynthesis Pathway in Animals. *Molecular Biology and Evolution*, 36(11): 2548–2556. <https://doi.org/10.1093/molbev/msz167>

FONKSİYONEL DONDURMA: ELMA, BAL KABAĞI VE PORTAKAL LİFİ İLE ZENGİNLEŞTİRME

Seçkin Gürpınar¹, Elif Dağdemir^{2*}, Elif Feyza Topdaş²

¹ T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Antalya Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Geliş/Received: 09.12.2021; Kabul/Accepted: 25.02.2022; Online baskı/Published online: 23.03.2022

Gürpınar, S., Dağdemir, E., Topdaş, E.F. (2022). Fonksiyonel dondurma: elma, bal kabağı ve portakal lifi ile zenginleştirme. *GIDA* (2022) 47 (2) 277-295 doi: 10.15237/gida.GD21128

Gürpınar, S., Dağdemir, E., Topdaş, E.F. (2022). Functional ice cream: enrichment with apple, pumpkin, and orange fiber. GIDA (2022) 47 (2) 277-295 doi: 10.15237/gida.GD21128

ÖZ

Bu çalışmada elma, portakal ve bal kabağı meyvelerinden üretilen diyet liflerinin farklı konsantrasyonlarda (%1.5 ve %3.0) dondurma üretiminde kullanımının kalite ve besinsel özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elma, portakal ve balkabağı liflerinin kuru madde değerlerinin benzer olduğu, buna karşılık protein, kül, pH ve renk parametreleri (L^* , a^* ve b^*) arasında farklılıkların bulunduğu görülmüştür. En yüksek su bağlama ile şişme kapasitesi değerleri bal kabağı lifinde, en yüksek çözünürlük değeri ile toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri ise elma lifinde belirlenmiştir. Genel olarak meyve lifi ilavesi dondurmaların kuru madde, protein, kül ve viskozite değerlerini artırırken pH, yağ ve hacim artışı değerlerini düşürmüştür. Meyve lifi ilavesi L^* değerlerini azaltmış, a^* ve b^* değerlerinde ise artışa neden olmuştur. Tüm lifler ilave edilme oranlarına paralel olarak dondurmaların toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerini artırmıştır. Duyusal açıdan %1.5 oranında lif içeren örnekler daha fazla beğenilmiş ve balkabağı lifi içeren dondurmalar diğer çeşitlerden daha fazla tercih edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Diyet lifi, dondurma, fenolik, flavonoid, fonksiyonel gıda

FUNCTIONAL ICE CREAM: ENRICHMENT WITH APPLE, PUMPKIN, AND ORANGE FIBER

ABSTRACT

In this study, the effect of using dietary fibers produced from apple, orange, and pumpkin fruits into ice cream production at two different concentrations (1.5% and 3.0%) on its quality and nutritional properties was investigated. The dry matter values of apple, orange, and pumpkin fibers were observed to be similar, but there were differences between each fiber's protein, ash, pH, and color parameters (L^* , a^* , and b^*). The highest water-binding and swelling capacity values were determined in pumpkin fiber, while the highest solubility and total phenolic and flavonoid substance contents were found in apple fiber. In general, the addition of fruit fiber increased the dry matter, protein, ash, and viscosity values of the ice creams while decreasing their pH, fat, and overrun. The addition of fruit fiber decreased L^* values and increased a^* and b^* values. In parallel with the addition rates of all fibers, the total phenolic and flavonoid content of the ice creams increased. In terms of sensory,

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ elifdag@atauni.edu.tr

☎ (+90) 442 231 1628

☎ (+90) 442 236 0958

Seçkin Gürpınar; ORCID no: 0000-0001-9854-5882

Elif Dağdemir; ORCID no: 0000-0002-5610-0188

Elif Feyza Topdaş; ORCID no: 0000-0003-3778-3654

samples containing 1.5% fiber were more appreciated, and pumpkin fiber-containing ice creams were preferred more than other types.

Keywords: Dietary fiber, ice cream, phenolic, flavonoid, functional food

GİRİŞ

Günümüzde temel beslenme ihtiyacını yerine getirmenin ötesinde, fiziksel ve zihinsel açıdan sağlık üzerine olumlu etkileri olan ve tüketiciye özelleştirilmiş faydalar sağlayabilen gıda ürünleri ilgi çeken bir alan haline gelmiştir (Menrad, 2003; Soukoulis vd., 2014). Son zamanlarda hem tüketicilerin sağlıklı ve besleyici gıdalara istek ve yönelimleri, hem de dünya çapında mevcut olan bazı kurumların (Dünya Sağlık Örgütü, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve Tarım Örgütü, Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi vb.) daha sağlıklı ve besleyici gıda ürünlerinin üretimini ve tüketimini teşvik etme rolleri gıda sanayinde bir dönüşüme sebep olmuştur (Roberfroid, 2000a, 2000b; Kotilainen vd., 2006; Soukoulis vd., 2014). Bu dönüşüm ile birlikte, 'fonksiyonel gıda' terimi de hayatımıza girmiştir. Farklı otoriteler tarafından yapılan çeşitli tanımlamaları olsa da, Amerikan Bilim ve Sağlık Konseyi fonksiyonel gıdaları, 'Farklı beslenme şekillerinin bir parçası olarak etkili seviyelerde tüketildiklerinde, temel besin öğelerinin sağlanmasının ötesinde sağlık yararları sağlayan kuvvetlendirilmiş, geliştirilmiş veya zenginleştirilmiş gıdalar' olarak tanımlamaktadır (Hasler, 2002). Fonksiyonel gıdalar vitaminler, mineraller, antioksidanlar, prebiyotik/probiyotikler ve çoklu doymamış yağ asitleri gibi bir veya birkaç bileşen ile doğal olarak zenginleştirilmiş gıdalardır. Ayrıca, düşük glisemik indeksli bileşenlerin kullanıldığı veya sağlığı olumsuz yönde etkileyen trans yağ asitleri ve doymuş yağ asitleri gibi bileşenlerin çıkarıldığı yeniden formüle edilmiş gıdalar da bu gruba dahil edilmektedir (Soukoulis vd., 2014).

Hızla gelişen fonksiyonel gıda pazarı, çeşitli fonksiyonel süt ürünlerinin de geliştirilmesini sağlamıştır (Bigliardi ve Galati, 2013). D₃ vitamini, demir, omega-3 ile zenginleştirilmiş sütler ile laktozsuz ve yağ oranı azaltılmış sütler; otlu veya D vitamini içeren peynirler, prebiyotik, meyveli ve yağ içeriği azaltılmış yoğurtlar; sade ve meyveli kefirler, çeşitli meyveler, kahve veya lavanta özütü

ilaveli dondurmalar gibi birçok fonksiyonel süt ürünü piyasada bulunmaktadır.

Dünya çapında çok geniş bir tüketici kitlesi tarafından tüketilen süt ürünlerinden biri olan dondurma (Akdeniz ve Akalın, 2019), farklı tekstürel ve organoleptik özelliklere sahiptir. Esasen çok fazlı ve karmaşık bir fiziksel yapıya sahip olup, havalandırılmış bir yağ/su emülsiyonudur. Bu emülsiyon, kısmen birleşmiş yağ globülleri, buz kristalleri ve içerisinde yüksek moleküler ağırlıklı polisakkaritler, mineral tuzlar, proteinler ve suyun da bulunduğu donmamış viskoz bir serumdan oluşmaktadır (Goff, 1997; Marshall vd., 2003). Yapılan araştırmalar dondurmanın piyasaya sunulan çeşitlerin dışında probiyotikler (Cruz vd., 2009), prebiyotikler (Goktas vd., 2022), peyniraltı suyu protein konsantresi (Moschopoulou vd., 2021), kalsiyum (Saremnezhad vd., 2020), bitki ekstraktları (Gremski vd., 2019) ve polifenoller (Pandey vd., 2021) ile de zenginleştirilebileceğini göstermektedir. Ayrıca son zamanlarda meyve-sebze ve tahıllardan elde edilen diyet liflerinin dondurma formülasyonunda kullanımı oldukça dikkat çekmekte olup, bu konuda yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Soukoulis vd., 2009; Akalın vd., 2018; Hanafi vd., 2022).

Diyet lifi, insan ince bağırsağında endojen enzimler tarafından hidrolize edilemeyen, doğal olarak oluşan veya sentetik olarak elde edilmiş, 10 veya daha fazla monomerik üniteye sahip yenilebilir karbonhidrat polimerleri olarak tanımlanmaktadır (Codex, 2009). Diyet lifi tüketiminin çok çeşitli metabolik rahatsızlıklar ve gastrointestinal bozuklukları olan insanlara faydalı olabileceği bildirilmektedir (Holscher, 2017; Chen vd., 2018). Yapılan çalışmalar yüksek düzeyde lif alımının diyabet, yüksek kolesterol, hipertriglisemi, obezite ve hipertansiyonu olan bireyler için faydalı etkileri olduğunu göstermektedir (Fujii vd., 2013; Chen vd., 2018). Ayrıca yüksek lif alımına sahip bireylerin kardiyovasküler hastalık veya kolon kanseri

gelişimine daha az duyarlı oldukları bildirilmiştir (O'Keefe, 2019).

Dondurma besin değeri yüksek bir süt ürünü olmakla birlikte, fenolik bileşenler, C vitamini, antioksidatif bileşikler, doğal renk maddeleri ve diyet lifi bakımından yeterli bir kaynak olarak kabul edilmemektedir. Bu nedenle, günümüzde doğal ve organik katkılara yönelik tüketici eğilimi de göz önüne alındığında; özellikle fenolik, antioksidan, diyet lifi bileşenleri ve doğal renk maddeleri bakımından zengin kaynakların dondurma üretiminde kullanılması önem kazanmaya başlamıştır.

Bu amaçla mevcut çalışmada bal kabağı, elma ve portakal meyveleri kullanılarak lif üretimi gerçekleştirilmiş, söz konusu liflerin bazı fizikokimyasal (kurumadde, protein, kül, pH, renk parametreleri) ve teknolojik özellikleri (su bağlama, şişme kapasitesi ve çözünürlük) ile fenolik ve flavonoid madde içerikleri belirlenmiştir. Daha sonra meyve lifleri ile iki farklı konsantrasyonda (%1.5 ve %3.0) fonksiyonel dondurma üretilmiş ve dondurma örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri belirlenerek kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Böylece bal kabağı, elma ve portakal lifi ilavesinin dondurmanın kalitesi ve besinsel özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Aynı zamanda önemli bir gıda maddesi olan dondurmanın lifle zenginleştirilerek daha fonksiyonel hale getirilmesi ve yeni dondurma çeşitlerinin üretilmesine katkı sağlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal ve Meyve Lifi Üretimi

Diyet lifi üretiminde kullanılan elma, portakal ve bal kabağı meyveleri Erzurum ili piyasasından satın alınmıştır. Dondurma üretiminde kullanılan çiğ inek sütü; Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi İşletme Müdürlüğü'nden, krema (%70 yağlı), stabilizatör (salep) ve emülgatör (yağ asitlerinin mono ve digliseridleri) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Pilot Süt Fabrikası'ndan; süttozu ise Pınar Süt Mamülleri San. A.Ş. (İzmir)'den temin edilmiştir. Dondurmaların ambalajlanmasında kullanılan gıda ambalajlamaya uygun polipropilen plastik kaplar piyasadan temin edilmiştir.

Elma lifi üretiminde meyvenin lifçe zengin olan kabukları kullanılmış olup, lif üretimi Rupasinghe vd. (2008)'e göre yapılmıştır. Bal kabağının kabuk ve çekirdekleri temizlendikten sonra suyu katı meyve sıkacağı (Arnica Nectarin 210, Türkiye) yardımıyla uzaklaştırılmış ve De Escalada vd. (2007) tarafından uygulanan yöntemle göre lif üretimi gerçekleştirilmiştir. Portakal lifi üretimi için, önce portakalın flavedo (turuncu renkli) katmanını rende yardımıyla ayırılmış ve ardından meyve albedo tabakası (beyaz renkli) ile birlikte katı meyve sıkacağından (Arnica Nectarin 210, Türkiye) geçirilerek suyu uzaklaştırılmıştır. Portakal lifi üretimi Crizel vd., (2013)'ün yöntemine göre yapılmıştır. Kurutulan meyve lifleri laboratuvar tipi değirmen (Brabender DM80130, Duisburg, Almanya) kullanılarak toz haline getirilmiş ve dondurma üretiminde kullanılıncaya kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Üretilen meyve liflerine ait görseller Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Toz haldeki elma (a), portakal (b) ve bal kabağı (c) lifleri

Figure 1. Powdered apple (a), orange (b) and pumpkin (c) fibers

Lif Analizleri

Fizyokimyasal analizler: Meyve liflerinin % kuru madde miktarları gravimetrik olarak (105 ± 2 °C) Martinez vd. (2012) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Protein miktarı (%) yaş yakma işlemi uygulanan lif örneklerinde mikro Kjeldahl yöntemi ile bulunan azot miktarının 6.25 faktörü ile çarpılması ile tespit edilmiştir (Chantaro vd., 2008). Kül miktarı AOAC (1990)'a göre, pH değerleri ise meyve liflerinin distile su ile 1: 10 (m:v) oranında seyreltilmesi, ardından dijital bir pH metre (Mettler Toledo Seven Compact S220, İsviçre) yardımıyla ölçülmesiyle belirlenmiştir (Grigelmo-Miguel ve Martoan-Belloso, 1998). Renk analizi, renk ölçümü cihazı (Chroma Meter, CR-5, Konica Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz, beyaz kalibrasyon plakası yardımıyla kalibre edildikten sonra meyve liflerinin farklı noktalarından yapılan ölçümler ile örnekler için L^* (beyazlık/siyahlık), a^* (kırmızı/yeşil), b^* (sarı/mavi) renk parametreleri kaydedilmiştir (Dirim ve Çalışkan, 2012). Tüm analizler 3'er paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Teknolojik özellikler: Lif örneklerinin su bağlama kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla, 1'er g lif tartılarak üzerine 30'ar mL distile su eklenmiş ve 1 dak süreyle vortekslenerek oda sıcaklığında (25 ± 2 °C) 18 saat bekletilmiştir. Ardından 3000x g'de 20 dak süre ile santrifüjlenerek (Hettich Rotina 420 R, Tuttlingen, Almanya) posa kısmı tartılmış (a) ve 105°C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur (b). Su bağlama kapasitesi (g su/g lif) = $(a-b)/b$ formülü ile hesaplanmıştır (Chantaro vd., 2008). Şişme kapasitesi tayini için, lif örnekleri dereceli konik tüplere tartılmış (0.2 g) ve 10'ar mL distile su ilave edilerek 18 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmişlerdir. Liflerin ulaştığı son hacmin örnek ağırlığına oranlanması ile şişme kapasitesi belirlenmiş ve mL su/g lif olarak ifade edilmiştir (De Escalada Pla vd., 2007). Liflerin çözünürlüğü Crizel vd. (2013) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. 1'er g olarak tartılan örnekler 100 mL distile su ile süspansiyon edildikten sonra 2 dak vortekslenmiştir. Santrifüjleme (3000g, 5 dak) sonrası süpernatant kısmından 25 mL alınarak 105°C'de yaklaşık 5 saat kurutulmuştur. Ağırlık değişimi baz alınarak

% çözünürlük hesaplanmıştır. Tüm analizler 3'er paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Toplam fenolik ve flavonoid madde analizleri: 50 g lif örneği üzerine 250 mL distile su eklenmiş ve 25 ± 2 °C'de bir manyetik karıştırıcı (Daihan, Wisd MSH-20A, Kore) yardımıyla 12 saat boyunca karanlık bir ortamda karışması sağlanmıştır. Süspansiyon filtre kâğıdı (Whatman No:1) yardımıyla süzölmüş ve filtratlar -18 °C'de dondurulmuştur. Dondurulmuş filtratlar -55°C ve 5 mmHg basınçta liyofilizatör (Christ Alpha 1-2 LD plus, Almanya) yardımıyla liyofilize edilmiştir. Lif örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarlarının belirlenmesi amacıyla elde edilen liyofilize su ekstraktları kullanılmıştır (Bursal ve Gülçin, 2011).

Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu's yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Singleton vd., 1999; Bursal ve Gülçin, 2011). Bu amaçla liyofilize ekstraktlardan 1000 µg alınarak toplam hacim 25 mL'ye tamamlanmıştır. Karışım üzerine 3 dak. ara ile sırasıyla 0.5 mL Folin-Ciocalteu's reaktifi ve 1.5 mL %2'lik Na_2CO_3 eklenerek vortekslenmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dak bekletilen örneklerin absorbanları 760 nm'de bir UV-VIS spektrofotometre (Shimadzu, UVmini-1240) ile belirlenmiş ve gallik asit ile hazırlanan eğri ($R^2=0.982$) yardımıyla toplam fenolik madde miktarları µg gallik asit eşdeğeri (GAE)/mg olarak ifade edilmiştir.

Lif örneklerinin toplam flavonoid madde miktarlarının belirlenmesi amacıyla 1000 µg liyofilize ekstrakt üzerine 0.1 mL potasyum asetat (1M) ile 0.1 mL alüminyum nitrat (%10) içeren %80'lik etanolden 4.3 mL ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında karanlık ortamda 40 dak inkübasyon sonrası UV-VIS spektrofotometre yardımıyla 415 nm'de numune absorbanları belirlenmiştir (Bursal ve Gülçin, 2011). Toplam flavonoid madde miktarları kuersetin ile çizilen eğri ($R^2=0.982$) yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar µg kuersetin eşdeğeri (KE)/mg liyofilize ekstrakt olarak ifade edilmiştir.

Dondurma Üretiminde Kullanılan Hammaddelerde Yapılan Analizler

Dondurma üretiminde kullanılan süt ve kremada kuru madde 105 ± 2 °C'de gravimetrik olarak, protein miktarı mikro Kjeldahl yöntemi ile saptanan azot miktarının 6.38 faktörüyle çarpılması ile (AOAC, 2005), yağ miktarı Gerber yöntemi ile, pH değeri dijital pH metre ile (Kurt vd., 2007), asitlik değeri ise 0.1 N NaOH ile

titrimetrik olarak belirlenmiştir. Ayrıca sütte kül tayini, 550 °C'de gravimetrik olarak tespit edilmiştir (Kurt vd., 2007). Sütozunun kimyasal bileşiminin belirlenmesinde üretici firmadan sağlanan veriler kullanılmıştır. Dondurma üretiminde kullanılan inek sütü, yağsız süt tozu ve kremanın bazı fizikokimyasal özellikleri Çizelge 1' de sunulmuştur.

Çizelge 1. Dondurma üretiminde kullanılan hammaddelerin bazı fizikokimyasal özellikleri

Table 1. Some physicochemical properties of raw materials used in ice cream production

	Kuru madde/ Dry matter (%)	Yağ/ Fat (%)	Protein (%)	Kül/ Ash (%)	pH	Titrasyon asitliği/ Titration acidity (%)
İnek sütü	12.05	3.50	3.26	0.718	6.64	0.19
Süt tozu	97.00	1.25	36.00	-	6.69	-
Krema	71.79	70.00	-	-	4.91	0.37

*-: Tespit edilememiştir.

*-: Not detected.

Dondurma Üretimi

Dondurma formülasyonu; son üründe en az %11 yağsız süt kuru maddesi, %6 yağ, %17 şeker, %0.7 stabilizatör (salep) ve %0.2 emülgatör (yağ asitlerinin mono ve digliseritleri) içerecek şekilde hesaplanarak oluşturulmuştur. Formülasyonda belirtilen bileşenler ile %1.5 ve %3.0 seviyelerinde elma, portakal ve bal kabağı liflerini içeren mikslar 80 °C'de 10 dak pastörize edilmiş ve hızlı bir şekilde 20 °C'ye soğutulmuştur. Soğutulan mikslar 4 °C'de 24 saat bekletilerek olgunlaştırılmış ve ardından karışımlar dondurma makinesi (Uğur Soğutma Makinaları A.Ş., Türkiye) yardımıyla -5 °C'de dondurma haline getirilmiştir. Dondurmalar 200' er g'lık porsiyonlar halinde kapaklı plastik kaplara alınarak 1 gün boyunca -22 °C'de sertleşmeleri için bekletilmiştir. Üretim iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve dondurma örnekleri analizler yapılana kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

Dondurma Analizleri

Dondurma örneklerinde toplam kuru madde, kül (Kurt vd., 2007), yağ (Metin, 2016), protein (IDF, 1993) ve pH değerleri (Demirci ve Gündüz, 1994) belirlenmiştir. Hacim artışı tayini için öncelikle darası belirlenmiş beher içerisine belli bir hacime kadar dondurma miksi doldurulup tartılmış, ardından aynı beher içerisine hava boşluğu

kalmayacak şekilde dondurma örneklerinden doldurularak ağırlığı kaydedilmiştir. % Hacim artışı= [(Dondurma miksi ağırlığı (g)-Dondurma ağırlığı (g)/Dondurma ağırlığı (g)x100] formülü ile hesaplanmıştır (Gürsoy ve Türkmen, 2018). Dondurma mikslarının viskozite ölçümleri viskozimetre (Brookfield DV II, Brookfield A.Ş., Stoughton, Amerika) ile 15 °C'de 20 ve 50 rpm'de gerçekleştirilmiştir (Gürsoy ve Türkmen, 2018). İlk damlama ve tam erime sürelerinin belirlenmesinde Cottrell vd., (1979)'in yöntemi kullanılmıştır. Örneklerde renk ölçümü daha önce de belirtildiği şekilde renk ölçüm cihazı yardımıyla yapılmıştır. Toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde analizleri de dondurma örneklerinin liyofilize ekstraktları kullanılarak lif analizleri içerisinde anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Dondurma örneklerinin duyuusal değerlendirilmesinde Bodyfelt vd. (1988) tarafından belirtilen renk, yapı ve tekstür, lezzet, erimeye dayanıklılık, sakızimsı yapı, buzlu yapı ve genel kabul edilebilirlik parametrelerini içeren bir skor testi uygulanmıştır. Değerlendirme Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde dondurma konusunda deneyimli olan 8 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Dondurma örnekleri panelistlere -10 °C'de, kodlanmış

kutularda ve ılık su ile servis edilmiştir. Panelistlerden dondurmaları 1 (zayıf) ile 9 (mükemmel) aralığında puanlamaları istenmiştir.

İstatistiksel analiz

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, Amerika) paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Verilere varyans analizi uygulanmış ve önemli bulunan ortalamalar $P < 0.05$ önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Meyve Liflerinin Fizikokimyasal ve Teknolojik Özellikleri

Elma, portakal ve bal kabağı liflerinin bazı fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Meyve liflerinin kuru madde miktarlarının %95.07-%96.80 aralığında değiştiği ve tüm liflerin depolanabilmeleri için yeterli

olduğu bildirilen %9 nem içeriğinin altında olduğu belirlenmiştir (Resende vd., 2019). Mevcut çalışmada en yüksek protein (%8.65) ve kül miktarı (%5.81) ile pH değeri (6.06) bal kabağı lifinde belirlenmiştir. Benzer şekilde Oskaybaş (2016), bal kabağı ve çerezlik kabak posalarından üretilen gıda liflerinde protein, kül ve pH değerlerini sırasıyla; %10.71 ile %7.36, %10.69 ile %5.32 ve 5.98 ile 5.96 olarak bildirmiştir. Farklı iki elma çeşidinde (Idared ve Northern Spy) yapılan bir çalışmada kabuklardan elde edilen liflerin protein miktarları %3.16 ve %3.23, kül miktarı ise %4.86 ve %4.46 olarak rapor edilmiştir (Rupasinghe vd., 2008). Sendra vd. (2010), portakal lifinde kül miktarını %4.19, pH değerini ise 3.92 olarak bildirmişlerdir. Araştırma bulguları arasında gözlemlenen bu farklılıkların liflerin üretildiği meyve çeşidi, meyvelerin yetiştirme koşulları, hasat zamanları ve lifin üretim yöntemindeki değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 2. Meyve liflerinin fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri

Table 2. Physical, chemical and technological properties of fruit fibers

	EL	PL	BKL
Kuru madde/ <i>Dry matter</i> (%)	96.80±1.07 ^a	95.07±1.94 ^a	95.71±0.47 ^a
Protein (%)	2.74±0.01 ^c	5.25±0.10 ^b	8.65±0.02 ^a
Kül/ <i>Ash</i> (%)	1.29±0.01 ^c	3.15±0.20 ^b	5.81±0.35 ^a
pH	4.48±0.15 ^b	3.85±0.04 ^c	6.06±0.18 ^a
L^*	69.96±0.97 ^c	81.87±0.06 ^a	76.07±0.05 ^b
a^*	11.81±0.65 ^a	1.90±0.13 ^c	7.49±0.10 ^b
b^*	13.42±0.44 ^c	24.51±0.17 ^b	39.19±0.22 ^a
Su bağlama kapasitesi/ <i>Water binding capacity</i> (g su/g lif)	10.07±0.90 ^c	12.57±0.87 ^b	16.57±1.05 ^a
Şişme kapasitesi/ <i>Swelling capacity</i> (mL su/g lif)	9.67±0.57 ^c	12.50±0.00 ^b	29.41±0.38 ^a
Çözünürlük/ <i>Solubility</i> (%)	49.60±1.44 ^a	36.05±0.80 ^b	34.42±2.86 ^b

*Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda farklı ^{a-c} üst simgeleri ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde farklıdır.

*Values are given as mean±standard deviation. Means shown with different superscripts ^{a-c} in the same row are statistically different at the $P < 0.05$ level.

** EL: Elma lifi, PL: Portakal lifi ve BKL: Bal kabağı lifini ifade etmektedir.

** EL: *Apple fiber*, PL: *Orange fiber*, BKL: *Pumpkin fiber*.

Lif bakımından zengin materyallerin bir gıda sistemine dahil edilmesi, renk başta olmak üzere organoleptik özellikleri etkileyebileceği için liflere ait renk parametrelerinin analiz edilerek değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Meyve liflerinin renk parametreleri arasında istatistiksel

olarak önemli ($P < 0.05$) farklılıkların bulunduğu görülmektedir (Çizelge 2). Parlaklık olarak da ifade edilebilen L^* değeri beyaz (100) ve siyah (0) rengin bir göstergesi olup, en yüksek L^* değeri (81.87) portakal lifinde, en düşük L^* değeri (69.96) ise elma lifinde saptanmıştır. Kırmızılık

parametresi olan a^* değeri kırmızı (+60) ve yeşil (-60) eksenindeki örneklerin renklerini tanımlamaktadır. Meyve liflerinin a^* değerleri 1.90 ile 11.81 arasında değişmekte olup, en kırmızı renk elma lifinde tespit edilmiştir. Bu durumun elma lifinin üretiminde kullanılan kabukların doğal kırmızı renkte olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sarılığın göstergesi olan b^* değerinin (-60:mavi, +60:sarı) özellikle bal kabağı lifi ve takiben portakal lifinde daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durumun meyvelerde doğal olarak bulunan karotenoidlerin sarımsı/turuncu orijinal renginden kaynaklandığı düşünülmektedir. Murkovic vd. (2002) kabak çeşitlerinin içerdikleri karotenoid oranına bağlı olarak sarıdan turuncuya kadar değişen renklerde olabildiğini ve yüksek karotenoid içeriğinin turuncu renge; düşük karotenoid ve yüksek lutein içeriğinin ise açık sarı renk oluşumuna sebep olduğunu bildirmişlerdir. Konu ile ilgili olarak yapılan literatür taramasında mevcut araştırmada elde edilen renk parametrelerinin çok sayıda araştırmanın sonuçlarıyla paralellik arz ettiği belirlenmiştir (Crizel vd., 2013; Massini vd., 2013; Aydın ve Gocmen, 2015; Wang vd., 2019).

Diyet lifleri; yağ ve su bağlama, çözünürlük ve şişme gibi teknolojik özellikleri sayesinde formülasyonuna eklendiği gıdalara bazı fonksiyonel özellikler kazandırmaktadır. Yüksek oranda yağ bağlama kapasitesine sahip lifler yağlı gıdalarda ve emülsiyonlarda stabilizasyonun sağlanmasında etkili olurken, su bağlama kapasitesi yüksek olan lifler ise sinerezisin önlenmesinde, tekstür ve viskozitenin artırılmasında etkili olmaktadır (Elleuch vd., 2011). Bu nedenle dondurma üretiminde kullanılan meyve liflerinin su bağlama ve şişme kapasiteleri ile çözünürlükleri belirlenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 2' de sunulmuştur.

Su bağlama kapasitesi, santrifüjleme gibi bir dış kuvvetin etkisi sonrasında diyet liflerine bağlı kalan su miktarının tespit edilmesi prensibine dayanmaktadır (Thebaudin vd., 1997). Mevcut araştırmanın bulguları su bağlama kapasitesi açısından değerlendirildiğinde; lif örneklerinin su bağlama kapasiteleri arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P < 0.05$) fark bulunduğu

görülmektedir. Bal kabağı lifinin en yüksek (16.57 g su/g lif) su bağlama kapasitesine sahip olduğu, elma lifinin ise en düşük (10.07 g su/g lif) değere sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler Crizel vd. (2013) tarafından portakal liflerinde bildirilen su bağlama kapasitesi (8.71 ve 9.63 g su/g lif) verilerinden yüksek; Wang vd. (2019) tarafından elma kabuğu ve posasından oluşan toz karışımında belirlenen değerden (16.3 g su/ g lif) ise düşük bulunmuştur. Su bağlama kapasitesindeki farklılıkların liflerin kompozisyonuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Elleuch vd. (2011)' a göre, diyet liflerinin hidrasyon özellikleri polisakaritlerin kimyasal yapıları, partikül büyüklüğü, iyonik kuvvet, pH, sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Araştırmacılar aynı zamanda, diyet liflerinin su bağlama kapasitesinin esas olarak lifin kaynağı ile ilgili olduğunu ve meyve atıklarından elde edilen liflerin su tutma kapasitelerinin tahıllardan elde edilenlerden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim mevcut araştırmada çalışılan meyve liflerine ait su bağlama kapasitelerinin pirinç kepeği (5.21 g su/g lif) (Sangnark ve Noomhorm, 2004), buğday lifi (1.5-2.1 g su/g lif) (Esposito vd., 2005) ve pirinç kepeği ununda (1.9-4.7 g/g) (Wang vd., 2016) belirlenen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Şişme kapasitesi, diyet liflerinin insan sindirim sistemindeki özellikleri ile doğrudan ilişkili bir parametre olup (Nilüfer-Erdil ve Gedik, 2018); lif matriksinin aşırı su içerisinde dengeye geldikten sonra absorbladığı su düzeyinin belirlenmesi ile tespit edilmektedir. Lif kaynağındaki farklılığın şişme kapasitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Abou-Arab vd. (2017), lifin yapısal özellikleri ile kimyasal bileşiminin (bileşenlerin su afinitesi) su alımı kinetiğinde önemli rol oynadığını belirtmiştir. En yüksek şişme kapasitesi değeri (29.41 mL su/g lif) bal kabağı lifinde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla portakal lifi (12.50 mL su/g lif) ve elma lifi (9.67 mL su/g lif) izlemiştir. Şişme kapasitesi ile yakından ilişkili bir özellik olan çözünürlük (Thebaudin vd., 1997), üründeki suda çözünür diyet lifi miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çözünmeyen diyet liflerine

kıyasla, çözünür formun viskozite artırma, jel oluşturma ve/veya emülgatörler olarak gıda formülasyonuna dahil edilmesinin daha etkin ve kolay olduğu bilinmektedir (Elleuch vd., 2011). En yüksek çözünürlük değeri (%49.60) elma lifinde belirlenmiş olup, balkabağı ve portakal liflerinde ise oldukça yakın (sırasıyla %34.42 ve %36.05) değerler elde edilmiştir. Lif örneklerinin çözünürlük değerleri arasındaki farklılıkların lif kompozisyonundaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Crizel vd., (2013) ve Aydın ve Gocmen (2015) tarafından portakal ve bal kabağı liflerinde tespit edilen % çözünürlük değerleri (sırasıyla; %28.90-28.95 ve 21.22 g/100g) mevcut çalışma ile uyumlu iken; Wang vd. (2019) tarafından elma tozunda bildirilen %37.5 değeri saptanan düzeyin oldukça altındadır.

Dondurma Örneklerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Dondurma örneklerinde belirlenen bazı fizikokimyasal özelliklere ait veriler Çizelge 3'de görülmektedir. Lif ilavesi dondurma örneklerinin toplam kuru madde, kül, pH ve protein içeriğini istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P < 0.01$) etkilemiştir. Lif içermeyen kontrol grubunda belirlenen kuru madde (%37.82) ve kül (%1.02) değerleri lif ilavesi sonrası sırasıyla; %38.67-%41.35 ve %1.09-%1.17 aralıklarında değişim göstermiştir. Dondurma örneklerinde en düşük protein miktarı (%4.56) kontrol grubunda, en yüksek protein miktarı (%4.93) ise %3.0 bal kabağı lifi içeren örnekte belirlenmiştir. Bu durum daha önce meyve liflerinin fizikokimyasal analizleri içerisinde de belirtildiği gibi bal kabağı lifinin diğer liflere kıyasla daha yüksek protein içeriğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Kurt ve Atalar (2018) da farklı konsantrasyonlarda ayva çekirdeği tozu (%0, %0.25, %0.50 ve %0.75) ilavesinin dondurma örneklerinin protein içeriklerini artırdığını ve bu durumun ayva çekirdeği tozunun yüksek protein içeriğinden (%35) kaynaklandığını bildirmişlerdir. Yağ miktarı, dondurmanın kalitesi ve lezzetini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Mevcut çalışmada dondurma mikslerinde yağ oranları krema ilave edilerek %6'ya ayarlanmış, ancak artan konsantrasyonlarda lif ilavesinin kontrol grubuna kıyasla dondurma örneklerinin yağ miktarında

azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Liflerin düşük yağ içeriklerinden dolayı dondurmaların yağ miktarının oransal olarak azaldığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Erdoğan (2016), bal kabağı lifinin ilave edilme oranlarına paralel olarak dondurmaların yağ oranlarının azaldığını bildirmiştir. Mevcut çalışmada dondurmaya lif ilavesinin kontrol grubuna kıyasla pH değerinde düşüşe neden olduğu, özellikle de portakal lifli örneklerde bu azalmanın daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu durumun portakal lifinin sahip olduğu düşük pH değeri (3.85) ile aynı zamanda liflerin yapısında yer alan fenolik bileşiklerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim meyvelerin yapısında yer alan fenolik bileşiklerin asidik doğasının pH değerlerinde azalmaya sebebiyet verdiği farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Akalin vd., 2018; Kurt ve Atalar, 2018).

Dondurmanın yumuşaklığı, tekstürü ve stabilitesine katkıda bulunarak dondurma kalitesini etkileyen önemli fiziksel özelliklerden biri olan hacim artışı, üretim esnasında dondurma bileşimine dahil olan hava miktarı olarak tanımlanmaktadır (Balthazar vd., 2017). Mevcut çalışma, meyve lifi ilavesinin hacim artışı değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P < 0.01$) etkilediğini göstermektedir. Lif içeren dondurmalarda %14.09 ile %35.42 arasında değişim gösteren hacim artışı, kontrol grubuna kıyasla (%39.84) daha düşük seviyelerde bulunmuştur (Şekil 2). Lif ilavesinin hacim artışı değerlerinde azalmaya neden olduğu, bu azalmanın özellikle bal kabağı lifi ilaveli dondurmalarda daha dikkat çekici olduğu görülmektedir. Söz konusu durumun bal kabağı lifinde daha belirgin olmak üzere ilave edilen liflerin sıkı bir yapı oluşturarak hava girişini engellemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Lif ilavesine bağlı olarak hacim artışı değerlerinde meydana gelen azalmanın viskozite artışıyla da ilgili olabileceği akla gelmektedir. Nitekim miks viskozitesindeki artışların daha az havanın dondurma bünyesine girmesine neden olduğu ve dolayısıyla hacim artışındaki hafif azalmalardan sorumlu olabileceği bildirilmiştir (BahramParvar vd., 2015; Kurt ve Atalar, 2018). Benzer şekilde Hanafi vd. (2022)'de

0.01 ile 0.03 g/mL konsantrasyonlarında lif ilaveli dondurmalarda hacim artışının lifsiz dondurmaya

kıyasla (%28.25), daha düşük olduğunu (%19.89- %25.32) bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özellikler

Table 3. Some physicochemical properties of ice cream samples

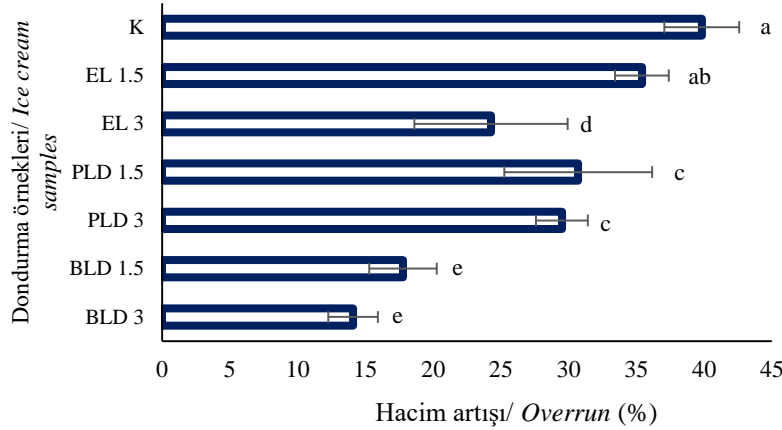
	Kuru madde/ Dry matter (%)	Yağ/Fat (%)	Protein (%)	Kül/ Ash (%)	pH
K	37.82±0.08 ^e	5.87±0.09 ^a	4.56±0.05 ^b	1.02±0.03 ^c	6.42±0.01 ^a
ELD 1.5	40.56±0.09 ^b	5.85±0.05 ^{ab}	4.74±0.02 ^{ab}	1.09±0.01 ^b	6.34±0.01 ^b
ELD 3	41.35±0.14 ^a	5.77±0.05 ^{abc}	4.76±0.15 ^{ab}	1.11±0.03 ^{ab}	6.30±0.01 ^c
PLD 1.5	38.67±0.10 ^d	5.82±0.09 ^{abc}	4.60±0.10 ^b	1.09±0.05 ^b	6.08±0.00 ^d
PLD 3	39.20±0.16 ^c	5.72±0.12 ^{bc}	4.62±0.04 ^b	1.15±0.01 ^a	5.82±0.01 ^e
BLD 1.5	38.80±0.16 ^d	5.75±0.05 ^{abc}	4.85±0.19 ^a	1.12±0.05 ^{ab}	6.32±0.03 ^b
BLD 3	39.11±0.32 ^c	5.70±0.08 ^c	4.93±0.23 ^a	1.17±0.02 ^a	6.29±0.01 ^c

* Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üst simgelerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P < 0.05).

* Values are given as mean±standard deviation. Means shown with different superscripts in the same column are statistically different (P < 0.05).

** K: Lif içermeyen kontrol dondurma, BLD: Bal kabağı lifi ilaveli dondurma, ELD: Elma lifi ilaveli dondurma ve PLD: Portakal lifi ilaveli dondurma ve 1.5 ile 3: İlave edilen liflerin % konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

** K: Fiber-free control ice cream, BLD: Pumpkin fiber added ice cream, ELD: Apple fiber added ice cream, and PLD: Orange fiber added ice cream, and 1.5 and 3: % Concentrations of added fibers.



Şekil 2. Dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri

Figure 2. Overrun values of ice cream samples

** K: Lif içermeyen kontrol dondurma, BLD: Bal kabağı lifi ilaveli dondurma, ELD: Elma lifi ilaveli dondurma ve PLD: Portakal lifi ilaveli dondurma ve 1.5 ile 3: İlave edilen liflerin % konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

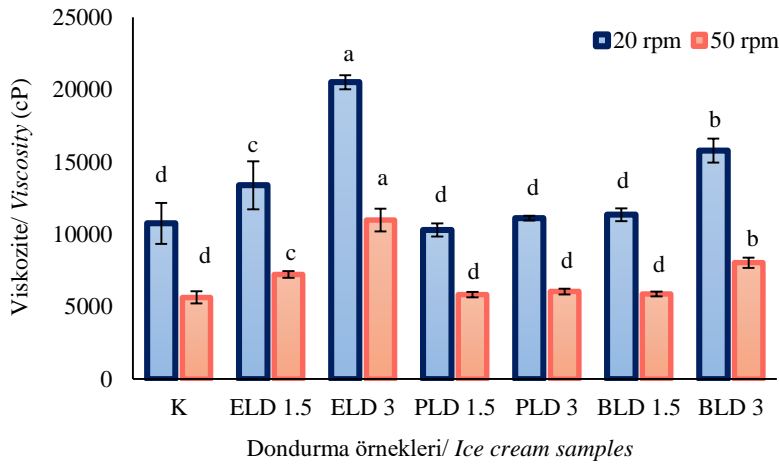
** K: Fiber-free control ice cream, BLD: Pumpkin fiber added ice cream, ELD: Apple fiber added ice cream, and PLD: Orange fiber added ice cream, and 1.5 and 3: % Concentrations of added fibers.

Dondurma mikserinin 20 rpm ve 50 rpm'de belirlenen viskozite değerleri Şekil 3'de görülmektedir. En düşük viskozite değerleri kontrol ve %1.5 portakal lifi ilaveli dondurma örneklerinde, en yüksek değerler (20512.75 cP ve 10984.00 cP) ise %3.0 oranında elma lifi içeren

örnekte belirlenmiştir. Lif içeren örneklerde görülen viskozite artışının liflerin yapısında yer alan çözünür ve çözünmez bileşiklerin suyu absorblaması ve dolayısıyla kıvam artışına neden olmasına bağlanabilir. Bununla birlikte kullanılan liflerin viskoziteyi aynı oranda artırmadığı, bu

durumun liflerin kompozisyonu ile bileşimlerinde yer alan çözünür/çözünmez bileşenlerin oranlarının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle elma ve bal kabağı liflerinin viskozite artışı üzerinde daha etkili olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, söz konusu liflerin daha yüksek düzeyde pektin içeriğine sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim pektin gıda sanayinde koyulaştırıcı, kıvam artırıcı ve stabilize edici ajan olarak

kullanılmaktadır (Güzel ve Akpınar, 2019). Akalın vd. (2018) elma, portakal, bambu, yulaf ve buğday lifi ilaveli dondurmalarda; Soukoulis vd. (2009) ise yulaf, buğday, elma ve inülin lifleri kullanarak hazırladıkları dondurmalar arasında elma lifiyle hazırlanan dondurma karışımlarının en yüksek viskozite değerine sahip olduğunu belirlemiş ve bu durumun elma lifinin jel oluşturma yeteneğine sahip pektini fazla miktarda içermesinden kaynaklandığını bildirmiştir.



Şekil 3. Dondurma örneklerine ait viskozite değerleri

Figure 3. Viscosity values of ice cream samples

** K: Lif içermeyen kontrol dondurma, BLD: Bal kabağı lifi ilaveli dondurma, ELD: Elma lifi ilaveli dondurma ve PLD: Portakal lifi ilaveli dondurma ve 1.5 ile 3: İlave edilen liflerin % konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

** K: Fiber-free control ice cream, BLD: Pumpkin fiber added ice cream, ELD: Apple fiber added ice cream, and PLD: Orange fiber added ice cream, and 1.5 and 3: % Concentrations of added fibers.

Dondurmaya meyve liflerinin ilavesi ilk damlama ve tam erime süreleri üzerinde önemli düzeyde ($P < 0.01$) etkili olmuştur. En düşük ilk damlama süresi (750 s) %1.5 oranında portakal lifi içeren dondurma örneğinde, en yüksek değer (3915 s) ise %1.5 bal kabağı ilavesi ile üretilen dondurma örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4). Tam erime süreleri açısından dondurma örnekleri değerlendirildiğinde ise, değerlerin 3630 s (%1.5 portakal lifi ilaveli dondurma) ile 3960 s (%3.0 elma lifi ilaveli dondurma) arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Analiz esnasında %3.0 oranında bal kabağı lifi ilaveli dondurmanın eriyerek orijinal yapısının bozulduğu görülmüş, ancak tel süzgeç altına herhangi bir damlama gerçekleşmemiştir. Bu durumun bal kabağı lifinin

yüksek su bağlama (16.57 g su/ g lif) ve şişme kapasitesine (29.41 mL su/g lif) sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Dondurmanın erimeye karşı direncinin başlıca kurumaddenin fazlalığına, düşük hacim genişlemesine ve stabilizatör sistemleri ile ilgili jelleşme oluşmasına bağlı olduğu bildirilmiştir (Tekinşen vd., 2011). Benzer şekilde Hassan ve Barakat (2018) farklı konsantrasyonlarda (%10, %15 ve %20) bal kabağı pulpu ile üretilen dondurmaların havuç pulpu kullanılan örneklere kıyasla erimeye karşı daha fazla direnç gösterdiğini, söz konusu örneklerde düşük hacim artışı değerlerinin havanın girişinin engellenmesine bağlı olarak erimeye dirençli daha sıkı yapının oluşmasına neden olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4. Dondurma örneklerine ait ilk damlama ve tam erime süreleri ile renk değerleri
Table 4. First dripping and complete melting times and color values of ice cream samples

	İlk damlama süresi/ First dripping time (s)	Tam erime süresi/ Complete melting time (s)	L*	a*	b*
K	840±0.00 ^d	3810±60.00 ^b	85.13±0.56 ^a	-3.20±0.19 ^f	9.96±0.56 ^d
ELD 1.5	900±0.00 ^d	3660±69.28 ^c	77.97±0.99 ^b	0.81±0.19 ^d	12.57±0.60 ^{cd}
ELD 3	1605±30.00 ^b	3960±69.28 ^a	72.59±1.00 ^c	2.46±0.16 ^b	13.09±0.83 ^{cd}
PLD 1.5	750±60.00 ^e	3630±60.00 ^c	83.48±0.08 ^a	-2.59±0.28 ^{ef}	14.29±0.94 ^c
PLD 3	1035±30.00 ^c	3780±69.28 ^b	79.04±1.61 ^b	-1.93±0.17 ^e	18.66±0.84 ^b
BLD 1.5	3915±90.00 ^a	- ^d	72.63±0.40 ^c	1.65±0.52 ^c	36.45±0.64 ^a
BLD 3	- ^f	- ^d	69.15±1.69 ^d	4.06±1.13 ^a	39.30±3.95 ^a

* Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üst simgeler (a-f) ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P <0.05).

* Values are given as mean±standard deviation. Means indicated by different superscripts (a-f) in the same column are statistically different (P <0.05).

** K: Lif içermeyen kontrol dondurma, BLD: Bal kabağı lifi ilaveli dondurma, ELD: Elma lifi ilaveli dondurma ve PLD: Portakal lifi ilaveli dondurma ve 1.5 ile 3: İlave edilen liflerin % konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

** K: Fiber-free control ice cream, BLD: Pumpkin fiber added ice cream, ELD: Apple fiber added ice cream, and PLD: Orange fiber added ice cream, and 1.5 and 3: % Concentrations of added fibers.

*** : Belirlenmemiştir.

*** : Not detected.

Dondurma örneklerine ait renk ölçümleri Çizelge 4' de sunulmuştur. Elma, portakal ve bal kabağı lifleri ilavesinin dondurma örneklerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi P <0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Dondurma örneklerinin L*, a* ve b* değerleri sırasıyla; 69.15-85.13, (-3.20)-4.06 ve 9.96-39.30 aralığında değişim göstermiştir. Meyve lifi ilavesinin dondurma örneklerinin L* değerlerini azalttığı ve en koyu renkli örneklerin bal kabağı ve elma lifi ilaveli dondurmalar olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Akalın vd. (2018) %2.0 oranında elma, portakal, bambu, yulaf ve buğday liflerini kullanarak ürettikleri dondurmalarda; L* değerlerinin elma (77.29) ve portakal (85.40) lifi katkılı dondurmalarda kontrol örneğine (90.46) oranla azaldığını bildirmişlerdir. Analiz edilen örnekler arasında kontrol ve portakal lifli örneklerin negatif a* değerine sahip olduğu belirlenmiş, portakal lifi konsantrasyonundaki artışla birlikte negatif a* değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bal kabağı ve elma lifi ilavesinin a* değerlerini artırdığı, bu durumun söz konusu liflerde kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değerinin önemli derecede yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sarımsı rengin göstergesi olan b* değeri açısından örnekler değerlendirildiğinde;

bal kabağı lifli dondurmaların sarı renk yoğunluğu en fazla olan gruplar olduğu saptanmıştır. Erdoğan (2016), farklı oranlarda (%0.5, %1.0 ve %1.5) bal kabağı lifi ilavesiyle üretilen dondurma mikslerinde b* değerlerini sırasıyla 13.99, 19.32 ile 22.41 olarak, kontrol grubundan (10.92) yüksek seviyede belirlemiştir.

Meyve Lifleri ve Dondurma Örneklerinin Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde Miktarları

Fenolik bileşikler, bitkilerde en yaygın bulunan sekonder metabolit grubudur. Kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi dejeneratif hastalıkların önlenmesinde doğrudan etkili oldukları bilinmektedir (Crizel vd., 2013; Aydın ve Gocmen, 2015). Flavonoidler ise fenolik bileşikler içerisindeki en büyük grup olup; flavonoller, flavanoller, flavanonlar, flavanoller (veya kateşinler), izoflavonlar, flavanonoller ve antosiyanidinlerden oluşmaktadır (Balasundram vd., 2006). Fenolik bileşiklerin çeşitli hastalıklar üzerine etkisi esas olarak antioksidatif özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Wu vd., 2016). Bir ürünün fenolik madde içeriği antioksidan kapasitenin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve söz konusu bileşiklerin fonksiyonel gıda

üretiminde doğal antioksidan kaynakları olarak kullanılabilirliği bildirilmektedir (Viuda-Martos vd., 2010; Martinez vd., 2012). Bal kabağı, elma ve portakal lifleri ile bu liflerin ilavesiyle üretilen dondurma örneklerinde tespit edilen toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları Çizelge 5’de sunulmuştur. Meyve liflerinin toplam fenolik madde içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli seviyede ($P < 0.01$) fark bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri ($23.7 \mu\text{g GAE}/\text{mg}$ ve $26.36 \mu\text{g KE}/\text{mg}$) elma lifinde belirlenmiştir. Elma lifinin yüksek

fenolik ve flavonoid madde içeriği, lif üretiminde kabuklarının kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Wolfe ve Liu (2003), elma kabuğunun etli kısma kıyasla fenolik bileşenlerce daha zengin olduğunu ve kurutulmuş elma kabuğunun $3342 \text{ g GAE}/100 \text{ g}$ düzeyinde fenolik madde içerdiğini bildirmiştir. İlave olarak elma kabuğunun etli kısmından 3 ile 6 kat daha fazla flavonoid içerdiği, kabuğun etli kısmında bulunmayan kuersetin gibi eşsiz flavonoidlere sahip olduğu da rapor edilmiştir (Wolfe vd., 2003; Wolfe ve Liu, 2003; Rupasinghe vd., 2008).

Çizelge 5. Meyve lifleri ve dondurma örneklerine ait toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları
Table 5. Total phenolic and flavonoid substance amounts of fruit fibers and ice cream samples

	Toplam fenolik madde/ Total phenolic substance ($\mu\text{g GAE}/\text{mg}$)	Toplam flavonoid madde/ Total flavonoid substance ($\mu\text{g KE}/\text{mg}$)
<i>Meyve lifleri/ Fruit fibers</i>		
EL	23.7 ± 0.32^a	26.36 ± 3.94^a
PL	11.84 ± 0.65^b	12.73 ± 1.57^b
BKL	6.33 ± 1.15^c	25.75 ± 4.19^a
<i>Dondurma Örnekleri/ Ice cream samples</i>		
K	79.99 ± 3.85^f	54.99 ± 0.52^e
ELD 1.5	94.16 ± 3.52^e	61.36 ± 2.62^{de}
ELD 3	168.88 ± 8.97^c	124.09 ± 3.67^a
PLD 1.5	214.44 ± 10.22^b	77.72 ± 0.52^c
PLD 3	279.16 ± 11.22^a	104.54 ± 5.24^b
BLD 1.5	86.38 ± 5.45^{ef}	67.27 ± 5.25^d
BLD 3	148.88 ± 9.26^d	106.91 ± 7.62^b

* Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üst simgeler ($^{a-c}$ ve $^{a-f}$) ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ($P < 0.05$).

* Values are given as mean \pm standard deviation. Means indicated by different superscripts ($^{a-c}$ and $^{a-f}$) in the same column are statistically different ($P < 0.05$).

** K: Lif içermeyen kontrol dondurma, BLD: Bal kabağı lifi ilaveli dondurma, ELD: Elma lifi ilaveli dondurma ve PLD: Portakal lifi ilaveli dondurma ve 1.5 ile 3: İlave edilen liflerin % konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

** K: Fiber-free control ice cream, BLD: Pumpkin fiber added ice cream, ELD: Apple fiber added ice cream, and PLD: Orange fiber added ice cream, and 1.5 and 3: % Concentrations of added fibers.

Meyve liflerinin ilavesi dondurmaların toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriklerini $P < 0.01$ düzeyinde etkilemiştir. Lif ilavesi dondurmaların toplam fenolik madde içeriğini artırmış olup; tüm dondurma örneklerinde elde edilen veriler $79.99 \mu\text{g GAE}/\text{mg}$ ile $279.16 \mu\text{g GAE}/\text{mg}$ aralığında değişim göstermiştir. En düşük değer kontrol grubuna ait iken, en yüksek değer %3.0 portakal lifi ilaveli dondurma grubunda saptanmıştır. Nitekim Gremski vd.

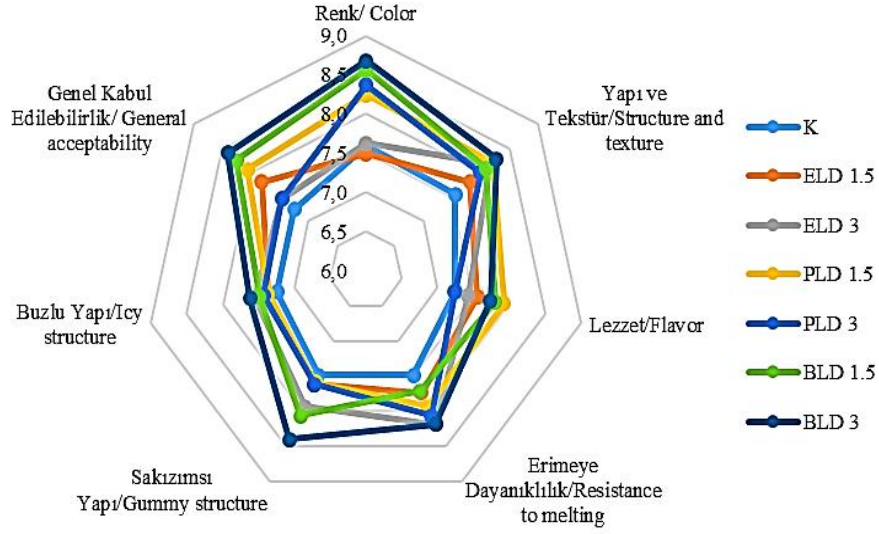
(2019), Öztürk vd. (2018) ve Kavaz vd. (2015)’ de yaptıkları araştırmalarda farklı meyve ve bitki ilaveli dondurmalarda kuru toz karışım veya pulp ilavesinin kontrol örneğine kıyasla fenolik bileşen miktarını artırdığını bildirmişlerdir. Analiz sonuçları lif içermeyen kontrol örneğinin de belirli bir düzeyde fenolik madde içerdiğinin göstermektedir. Öztürk vd. (2018)’e göre, kontrol dondurma örneğinde belirlenen düşük düzeydeki toplam fenolik madde içeriği sütte bulunan iz

miktardaki fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Dondurma örnekleri toplam flavonoid madde içerikleri açısından değerlendirildiğinde en düşük değer (54.99 µg KE/mg) kontrol örneğinde, en yüksek değer (124.09 µg KE/mg) ise %3.0 oranında elma lifi ilaveli dondurma örneğinde tespit edilmiştir. Tüm dondurma çeşitlerinde lif konsantrasyonundaki artış toplam flavonoid miktarını artırmıştır. Benzer etki Kavaz vd. (2015), Topdas vd. (2017) ve Haghani vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda da rapor edilmiştir.

Dondurma Örneklerinde Duyusal Değerlendirme

Meyve lifi ilaveli dondurmalara ait duyusal değerlendirme sonuçları Şekil 4'de verilmiştir. Elma, portakal ve bal kabağı ilavesinin dondurmanın duyusal analiz parametrelerinden renk, yapı ve tekstür, sakızimsı yapı ve genel kabul edilebilirlik verilerini $P < 0.01$ düzeyinde; lezzet ve erimeye dayanıklılık özelliklerini ise $P < 0.05$ düzeyinde etkilediği saptanmıştır. Panelistlerin renk açısından en çok beğendiği örnek sarımsı/turuncu renk yoğunluğu en fazla olan %3.0 bal kabağı lifi ilaveli dondurma (8.68 ± 0.09) iken, en düşük puanı (7.49 ± 0.17) %1.5 elma lifi ilaveli dondurma almıştır. Benzer şekilde Akalın vd. (2018) farklı diyet lifi kaynakları ile ürettikleri probiyotik dondurma örneklerinde en düşük renk puanlarının elma lifli örnekler için olduğunu bildirmişlerdir. Yapı ve tekstür açısından örnekler incelendiğinde lif içeren tüm örneklerin kontrol örneğinden önemli derecede yüksek puanlar aldığı görülmektedir. En yüksek yapı ve tekstür puanının (8.28 ± 0.04) %3.0 bal kabağı lifi ilaveli dondurmaya ait olduğu, portakal lifi dışındaki tüm örneklerde lif oranındaki artışa paralel olarak yapı ve tekstür puanlarının da arttığı belirlenmiştir. Bal kabağı ve elma lifi içeren örneklerde diğer dondurmalara kıyasla viskozite, ilk damlama ve tam erime sürelerinin daha yüksek oluşu; lif ilavesinin genel olarak dondurmanın yapı ve tekstürünü geliştirdiğini göstermektedir. Panelistler %1.5 portakal lifi içeren dondurmayı en lezzetli (7.93 ± 0.26) olarak değerlendirmiş olup, en düşük puanı (7.24 ± 0.17) %3.0 portakal lifi içeren dondurma almıştır. Genel olarak lif konsantrasyonu bakımından örnekler

incelendiğinde, konsantrasyon artışının lezzet puanını düşürdüğü ve özellikle portakal lifi ilaveli grubun bu durumdan daha belirgin şekilde etkilendiği belirlenmiştir. Araştırma bulgularına benzer şekilde Crizel vd. (2013) de portakal kabağı ve posasından üretilen liflerin içerdiği acımsı tat oluşumuna neden olan bileşikler nedeniyle ürettikleri dondurmaların düşük tat puanı almış olabileceklerini bildirmişlerdir. Panelistler en düşük erimeye dayanıklılık puanını (7.49 ± 0.17) kontrol örneğine vermiş olup %3.0 oranında elma ve bal kabağı lifi içeren dondurmalar erimeye en dayanıklı örnekler olarak seçilmiştir (8.18 ± 0.09). Elma ve bal kabağı lifli örneklerde viskozite değerlerinin daha yüksek oluşu erimeye olan direnci artırmış, bu durum da erimeye dayanıklılık puanlarına yansımıştır. Dondurma örneklerinin sakızimsı yapı puanlarının 7.49 ± 0.17 - 8.40 ± 0.13 aralığında değiştiği saptanmıştır. En yüksek puan %3.0 bal kabağı lifi ilaveli gruba ait iken; erimeye dayanıklılık puanlarında olduğu gibi en düşük puan kontrol grubuna verilmiştir. Dondurmaya meyve lifleri ilavesinin buzlu yapı puanlarını kontrol örneğine oranla artırdığı, ancak söz konusu parametre açısından örnekler arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli olmadığı ($P > 0.05$) belirlenmiştir. Genel kabul edilebilirlik; tat, aroma, yapı, tekstür gibi duyusal algıları bünyesinde bulunduran çok yönlü bir parametredir. Kontrol grubu diğer dondurma örneklerine kıyasla en düşük genel kabul edilebilirliğe sahip örnek olarak belirlenmiş (7.25 ± 0.35); en yüksek genel kabul edilebilirlik puanını ise %3.0 bal kabağı lifi ilaveli dondurma almıştır (8.40 ± 0.13). Dondurma örneklerinin lif konsantrasyonundaki artış elma ve portakal lifi ilaveli örneklerde genel kabul edilebilirlik puanlarında düşüşe, bal kabağı lifi ilaveli dondurmalarda ise artışa sebep olmuştur. Topdas vd., (2017) kızılçık ezmesinin ilave edilen tüm konsantrasyonlarının kontrol örneğine kıyasla genel kabul edilebilirlik puanlarını artırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 4. Dondurma örneklerinin duysal açıdan değerlendirilmesi

Figure 4. Sensory evaluation of ice cream samples

** K: Lif içermeyen kontrol dondurma, BLD: Bal kabağı lifi ilaveli dondurma, ELD: Elma lifi ilaveli dondurma ve PLD: Portakal lifi ilaveli dondurma ve 1.5 ile 3: İlave edilen liflerin % konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

** K: Fiber-free control ice cream, BLD: Pumpkin fiber added ice cream, ELD: Apple fiber added ice cream, and PLD: Orange fiber added ice cream, and 1.5 and 3: % Concentrations of added fibers.

SONUÇ

Son yıllarda, insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle ilgi duyulan diyet liflerinin gıda sistemlerine dahil edilmesi su tutma, su bağlama, yağ bağlama, şişme ve çözünürlük gibi birçok fonksiyonel özelliğin kazanımını sağlamaktadır. Mevcut araştırmada üretilen meyve lifleri teknolojik açıdan değerlendirildiğinde; başta bal kabağı lifi olmak üzere analiz edilen tüm liflerin sahip oldukları yüksek hidrasyon özellikleri nedeniyle sineresizin önlenmesi ve tekstürel özelliklerin artırılması amacıyla gıda formülasyonlarında kullanılabileceği kanaatine varılmıştır. Renk parametreleri (L^* , a^* ve b^*) açısından lif örnekleri arasında farklılıklar bulunduğu ve bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.01$). Dondurmaya lif ilavesi genel olarak viskozite, ilk damlama süreleri ile toplam fenolik ve flavonoid madde miktarlarında iyileşme sağlarken; kontrol grubuna kıyasla hacim artışı değerlerinde düşüşe sebep olmuştur. Lif konsantrasyonundaki artışa paralel olarak toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin artış gösterdiği ve bu artışların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (P

< 0.01). Gerçekleştirilen duysal analizlerde lif konsantrasyonundaki artış genel olarak panelistlerin renk, yapı ve tekstür, erimeye dayanıklılık ve sakızimsı yapı parametrelerine verdiği puanları olumlu yönde etkilemiş, ancak lezzet ve genel kabul edilebilirlik puanlarında düşüşe neden olmuştur. Lezzet puanlarındaki düşüş özellikle portakal lifli dondurma örneklerinde dikkat çekmiş ve bu durumun portakal lifinde acı tat oluşumuna sebep olabilecek bileşiklerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Özetle %1.5 oranında lif içeren dondurmaların daha fazla beğenildiği, bununla birlikte üç lif açısından değerlendirme yapıldığında en beğenilen örneklerin bal kabağı lifi içeren örnekler olduğu saptanmıştır. Elde edilen tüm sonuçlara dayanarak, dondurma üretiminde kullanılan portakal, elma ve bal kabağı liflerinin teknolojik özellikleri, fenolik ve flavonoid madde miktarları ve renkleri nedeniyle dondurma üretiminde besin değerlerini artırmak ve fizyokimyasal özellikleri iyileştirmek için uygun bir doğal katkı maddesi kaynağı olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne sağladığı finansal destek için teşekkür eder (Proje No:2012/261).

YAZAR KATKILARI

Söz konusu çalışma Seçkin GÜRPINAR' ın Prof. Dr. ELİF DAĞDEMİR danışmanlığında tamamladığı yüksek lisans çalışmasından üretilmiştir. Elif DAĞDEMİR araştırmanın planlaması, analiz sonuçlarının kontrol edilerek değerlendirilmesi ve taslak makalenin düzeltilmesi aşamalarında katkı sağlamıştır. Seçkin GÜRPINAR ve Elif Feyza TOPDAŞ laboratuvar çalışmaları, istatistiki analizlerinin yapılması ve makalenin yazılması aşamalarında görev almışlardır. Tüm yazarlar makalenin son halini okuyarak onaylamıştır.

KAYNAKLAR

Abou-Arab, E. A., Mahmoud, M. H., Abu-Salem, F. M. (2017). Functional properties of citrus peel as affected by drying Methods. *American Journal of Food Technology*, 12 (3), 193-200, doi: 10.3923/ajft.2017.193.200.

Akalın, A. S., Kesenkas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., Kınık, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, 101, 37-46, doi: 10.3168/jds.2017-13468.

Akdeniz, V., Akalın, A.S. (2019). New approach for yoghurt and ice cream production: High-intensity ultrasound. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 392-398, doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.046.

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of Association of AOAC International, 15th Edition, Washington DC, USA.

AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, Gaithersburg, MD, USA.

Aydın, E., Gocmen, D. (2015). The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT- Food Science & Technology*, 60 (1), 385-392, doi: 10.1016/j.lwt.2014.08.025.

BahramParvar, M., Tehrani M. M., Razavi, S. M. A., Koocheki, A. (2015). Application of simplex-centroid mixture design to optimize stabilizer combinations for ice cream manufacture. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (3), 1480-1488, doi: 10.1007/s13197-013-1133-5.

Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agricultural by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99 (1), 191-203, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.

Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Vieira, A. H., Neto, R. P. C., Cappato, L. P., Coimbra, P.T., Moraes, J., Andrade, M. M., Calado, V. M. A., Granato, D., Freitas, M. Q., Tavares, M. I. B., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Cruz, A. G. (2017). Assessing the effects of different prebiotic dietary oligosaccharides in sheep milk ice cream. *Food Research International*, 91, 38-46, doi: 10.1016/j.foodres.2016.11.008.

Bigliardi, B., Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31:118-129, doi: 10.1016/j.tifs.2013.03.006.

Bodyfelt, F. W., Tobias, J., Trout, G. M. (1988). *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 598 p.

Bursal, E., Gülçin, İ. (2011). Polyphenol contents and in vitro antioxidant activities of lyophilised aqueous extract of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Research International*, 44 (5), 1482-1489, doi: 10.1016/j.foodres.2011.03.031.

Chantaro, P., Devahastin, S., Chiewchan, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT- Food Science & Technology*, 41 (10), 1987-1994, doi: 10.1016/j.lwt.2007.11.013.

- Chen, J. P., Chen, G. C., Wang, X. P., Qin, L., Bai, Y. (2018). Dietary fiber and metabolic syndrome: A meta-analysis and review of related mechanisms. *Nutrients*, 10, 24, doi: 10.3390/nu10010024.
- Codex (2009). Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Report on the 30th session, Alinorm 09/32/26 (Appendix II), Rome.
- Cottrell, J. I. L., Pass, G., Phillips, G. O. (1979). Assessment of polysaccharides as ice cream stabilizers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30 (11), 1085-1089, doi: 10.1002/jsfa.2740301111.
- Crizel, T. M., Jablonski, A., Rios, A. O., Rech, R., Flôres, S. H. (2013). Dietary fiber from orange by products as a potential fat replacer. *LWT- Food Science & Technology*, 53 (1), 9-14, doi: 10.1016/j.lwt.2013.02.002.
- Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Sousa, A. L. O. P., Faria, J. A. F., Saad, S. M. I. (2009). Ice cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42, 1233-1239, doi: 10.1016/j.foodres.2009.03.020.
- De Escalada Pla, M. F., Ponce, N. M., Stortz, C. A., Gerschenson, L.N., Rojas, A.M. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiré). *LWT- Food Science & Technology*, 40 (7), 1176-1185, doi: 10.1016/j.lwt.2006.08.006.
- Demirci, M., Gündüz, H. (1994). *Dairy technology hand book*. Hasad Publishing Ltd, Istanbul, Turkey, 66 p.
- Dirim, S. N., Çalışkan, G. (2012). Determination of the effect of freeze drying process on the production of pumpkin (*Cucurbita moschata*) puree powder and the powder properties. *Gıda Dergisi*, 37 (4), 203-210, doi: 10.12691/jfnr-2-4-8.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124 (2), 411-421, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.
- Erdoğan, A. K. (2016). Dondurma üretiminde bal kabağından elde edilen lif konsantrisinin kullanılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 91s.
- Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A. M., Napolitano, A., Vitale, D., Fogliano, V. (2005). Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International*, 38 (10), 1167-1173, doi: 10.1016/j.foodres.2005.05.002.
- Fujii, H., Iwase, M., Ohkuma, T., Ogata-Kaizu, S., Ide, H., Kikuchi, Y., Idewaki, Y., Joudai, T., Hirakawa, Y., Uchida, K. (2013). Impact of dietary fiber intake on glycemic control, cardiovascular risk factors and chronic kidney disease in Japanese patients with type 2 diabetes mellitus: The Fukuoka Diabetes Registry. *Nutrition Journal*, 12, 159, doi: 10.1186/1475-2891-12-159.
- Goff, H. D. (1997). Colloidal aspects of ice cream. *International Dairy Journal*, 7, 363-373, doi: 10.1016/S0958-6946(97)00040-X.
- Goktas, H., Dikmen, H., Bekiroglu, H., Cebi, N., Dertli, E., Sagdic, O. (2022). Characteristics of functional ice cream produced with probiotic *Saccharomyces boulardii* in combination with *Lactobacillus rhamnosus* GG. *LWT- Food Science & Technology*, 153, 112489, doi: 10.1016/j.lwt.2021.112489.
- Gremski, L. A., Coelho, A. L. K., Santos, J. S., Daguier, H., Molognoni, L., do Prado- Silva, L., Sant'Ana, A. S., Rocha, R. S., Silva, M. C., Cruz, A. G., Azevedo, L., Carmo, M. A. V., Wen, M., Zhang, L., Granato, D. (2019). Antioxidants-rich ice cream containing herbal extracts and fructooligosaccharides: Manufacture, functional and sensory properties. *Food Chemistry*, 298, 125098, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125098.
- Grigelmo-Miguel, N., Martin-Belloso, O. (1998). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. *Food Research International*, 31 (5), 355-361, doi: 10.1016/S0963-9969(98)00087-8.

- Gürsoy, A., Türkmen, N. (2018). *Süt ve Süt Ürünleri Analiz Yöntemleri. Dondurma analizleri*, Öner, Z. (baş ed.), Sidas yayınları, İzmir, Türkiye, s. 359-406.
- Güzel, M., Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioprocess Processing*, 115, 126-133, doi: 10.1016/j.fbp.2019.03.009.
- Haghani, S., Hadidi, M., Pouramin, S., Adinepour, F., Hasiri, Z., Moreno, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M. (2021). Application of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) peel in probiotic ice cream: functionality and viability during storage. *Antioxidants*, 10:1777, doi: 10.3390/antiox10111777.
- Hanafi, F. N. A., Kamaruding, N. A., Shaharuddinc, S. (2022). Influence of coconut residue dietary fiber on physicochemical, probiotic (*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) survivability and sensory attributes of probiotic ice cream. *LWT- Food Science & Technology*, 112725, doi: 10.1016/j.lwt.2021.112725.
- Hasler, C. M. (2002). Functional foods: benefits, concerns and challenges – a position paper from the American Council on Science and Health. *Journal of Nutrition*, 132, 3772-3781, doi: 10.1093/jn/132.12.3772.
- Hassan, M., Barakat, H. (2018). Effect of carrot and pumpkin pulps adding on chemical, rheological, nutritional and organoleptic properties of ice cream. *Food and Nutrition Sciences*, 9 (8), 969-982, doi: 10.4236/fns.2018.98071.
- Holscher, H. D. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8, 172-184, doi: 10.1080/19490976.2017.1290756.
- IDF (1993). International Dairy Federation, Standard Method 20B: Milk: Determination of nitrogen content. Brussels, Belgium.
- Kavaz, A., Yüksel, M., Dağdemir, E. (2015). Determination of certain quality characteristics, thermal and sensory properties of ice creams produced with dried Besni grape (*Vitis vinifera* L.). *International Journal of Dairy Technology*, 69 (3), 418-424, doi: 10.1111/1471-0307.12277.
- Kotilainen, L., Rajalahti, R., Ragasa, C., Pehu, E. (2006). Health enhancing foods: Opportunities for strengthening the sector in developing countries. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 30, World Bank, Washington, DC.
- Kurt, A., Atalar, I. (2018). Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 82, 186-195, 10.1016/j.foodhyd.2018.04.011.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., Çağlar, A. (2007). *Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, Türkiye, ay. No: 252/d, Ziraat Fak. Yay. No: 18.
- Marshall, R. T., Goff, H. D., Hartel, R. W. (2003) *Ice Cream*. 6th Edition, Kluwer/Plenum Publishing, New York, 203 p.
- Martinez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Perez-Alvarez, J. A., Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135 (3), 1520-1526, doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.057.
- Massini, L., Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barry-Ryan, C. (2013). Valorisation of apple peels. *European Food Research and Technology*, 3 (1), 1-15, doi: 10.21427/D7R32T.
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56 (2-3), 181-188, doi: 10.1016/S0260-8774(02)00247-9.
- Metin, M. (2016). *Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri*, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye, 439 s. ISBN: 9789759784102.
- Moschopoulou, E., Dernikos, D., Zoidou, E. (2021). Ovine ice cream made with addition of whey protein concentrates of ovine-caprine origin. *International Dairy Journal*, 122, 105146, doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105146.

- Murkovic, M., Müllleder, U., Neunteufl, H. (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15 (6), 633-638, doi: 10.1006/jfca.2002.1052.
- Nilüfer-Erdil, D., Gedik, S. (2018). Kırmızı ve yeşil mercimekten elde edilen diyet liflerinin karakterizasyonu ve fonksiyonel özellikleri. *Akademik Gıda*, 16(2), 135-147, doi: 10.24323/akademik-gida.449600.
- O'Keefe, S. J. (2019). The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt's hypothesis revisited. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 4, 984-996, doi: 10.1016/S2468-1253(19)30257-2.
- Oskaybaş, B. (2016). Çerezlik kabak posası kullanılarak diyet lifi ve pektin üretimi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, Türkiye, 139 s.
- Öztürk, H. İ., Demirci, T., Akın, N. (2018). Production of functional probiotic ice creams with white and dark blue fruits of *Myrtus communis*: The comparison of the prebiotic potentials on *Lactobacillus casei* 431 and functional characteristics. *LWT- Food Science & Technology*, 90, 339-345, doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.049.
- Pandey, P., Grover, K., Dhillon, T. S., Kaur, A., Javed, M. (2021). Evaluation of polyphenols enriched dairy products developed by incorporating black carrot (*Daucus carota* L.) concentrate. *Helikon*, 7, e06880, doi: 10.1016/j.helikon.2021.e06880.
- Resende, L. M., Adriana, S. F., Oliveira, L. S., 2019. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry*, 270, 53-60, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.079.
- Roberfroid, M. B. (2000a). Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 1660-1664, doi: 10.1093/ajcn/71.6.1660S.
- Roberfroid, M. B. (2000b). An European consensus of scientific concepts of functional foods. *Nutrition*, 16, 689-691, doi: 10.1016/s0899-9007(00)00329-4.
- Rupasinghe, H. P. V., Wang, L., Huber, G. M., Pitts, N. L. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107 (3), 1217-1224, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.09.057.
- Sangnark, A., Noomhorm, A. (2004). Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food Research International*, 37 (1), 66-74, doi: 10.1016/j.foodres.2003.09.007.
- Saremnezhad, S., Zargarchi, S., Kalantari, Z. N. (2020). Calcium fortification of prebiotic ice-cream. *LWT- Food Science & Technology*, 120, 108890, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108890.
- Sendra, E., Kuri, V., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., Perez Alvarez, J. A. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT- Food Science & Technology*, 43 (4), 708-714, doi: 10.1016/j.lwt.2009.12.005.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178, doi: 10.1016/s0076-6879(99)99017-1.
- Soukoulis, C., Lebesi, D., Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115 (2), 665-671, doi: 10.1016/j.foodchem.2008.12.070.
- Soukoulis, C., Fisk, I. D., Bohn T. (2014). Ice Cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: Conceptualization and overview of quality and storage stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 627-655, doi: 10.1111/1541-4337.12083.
- Tekinşen, K. K., Güner, A., Uçar, G. (2011). Dondurma üretiminde konjak sakızının kullanılabilme imkanları. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 27 (4), 199-206, doi:-.

- Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M., Bourgeois, C. M. (1997). Dietary fibres: Nutritional ve technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 41- 48, doi: 10.1016/S0924-2244(97)01007-8.
- Topdas, E. F., Çakmakçı, S., Çakıroğlu, K. (2017). The antioxidant activity, vitamin C contents, physical, chemical and sensory properties of ice cream supplemented with cornelian cherry (*Cornus mas* L.) Paste. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23 (5), 691-697, doi: 10.9775/kvfd.2016.17298.
- Viuda-Martos, M., López-Marcos, M. C., Fernández-López, J., Sendra, E., López- Vargas, J. H., Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Role of fiber in cardiovascular diseases: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (2), 240-258, doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00102.x.
- Wang, J., Suo, G., de Wit, M., Boom, R. M., Schutyser, M. A. I. (2016). Dietary fibre enrichment from defatted rice bran by dry fractionation. *Journal of Food Engineering*, 186, 50-57, doi: 10.1016/j.foodeng.2016.04.012.
- Wang, X., Kristo, E., LaPointe, G. (2019). The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. *Food Hydrocolloids*, 91, 83-91, doi: 10.1016/J.FOODHYD.2019.01.004.
- Wolfe, K. L., Liu, R. H. (2003). Apple peels as a value-added food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (6), 1676–1683, doi: 10.1021/jf025916z.
- Wolfe, K. L., Wu, X., Liu, R. H. (2003). Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (3), 609-614, doi: 10.1021/jf020782a.
- Wu, J. C., Lai, C. S., Lee, P. S., Ho, C. T., Liou, W. S., Wang, Y. J., Pan, M. H. (2016). Anti-cancer efficacy of dietary polyphenols is mediated through epigenetic modifications. *Current Opinion in Food Science*, 8, 1–7, doi: 10.1016/j.cofs.2016.01.009.

FARKLI KAVURMA YÖNTEMLERİNİN LEBLEBİDE ISIL İŞLEM KONTAMİNANTLARININ OLUŞUMUNA ETKİSİ

Zehra Günel*

Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 06.12.2021; Kabul / Accepted: 27.01.2022; Online baskı / Published online: 25.03.2022

Günel, Z. (2022). Farklı kavurma yöntemlerinin leblebide ısı işlem kontaminantlarının oluşumuna etkisi. *GIDA* (2022) 47 (2) 296-309 doi: 10.15237/gida.GD21151

Günel, Z. (2022). The effect of different roasting methods on the formation of heat-induced contaminants in roasted chickpea. *GIDA* (2022) 47 (2) 296-309 doi: 10.15237/gida.GD21151

ÖZ

Bu çalışmanın amacı farklı kavurma yöntemleri (mikrodalga, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu, sıcak hava) ile kavru lan leblebi örneklerinde furan, furfural, 5-hidroksimetilfurfural (HMF) ve akrilamid gibi ısı işlem kontaminantlarının oluşumunu incelemektir. Leblebi örneklerinin ısı işlem kontaminantlarının yanı sıra esmerleşme indeksi (BI), ultraviyole absorban sı (UV-A) ve Hunter *L*, *a* ve *b* renk değ erleri de belirlenmiştir. Farklı kavurma yöntemleri leblebi örneklerinin BI, UV-A ve renk değ erleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etki gösterirken, artan kavurma sıcaklık ve süresiyle birlikte BI, UV-A ve Hunter *a* değ erleri artış göstermiştir. Çalışmada en yüksek ısı işlem kontaminantı oluşumu sıcak hava kavurma yönteminde belirlenirken, mikrodalga kavurma yöntemi tüm ısı işlem kontaminantlarında en düşük sonuçları vermiştir. Örneklerin akrilamid içeriğ inin, kavurma işlemi ile artış göstermediğ i ve tüm örneklerde tayin limiti (LOQ) değ erinin altında kaldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Leblebi, kavurma, furan, furfural, akrilamid, HMF

THE EFFECT OF DIFFERENT ROASTING METHODS ON THE FORMATION OF HEAT-INDUCED CONTAMINANTS IN ROASTED CHICKPEA

ABSTRACT

This study aims to investigate the formation of heat-induced contaminants such as furan, furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and acrylamide in roasted chickpea samples using different roasting methods (microwave, microwave-hot air combination, hot air). In addition to heat-induced contaminants of roasted chickpea samples, browning index (BI), ultraviolet absorbance (UV-A) and Hunter *L*, *a* and *b* color values were also determined. While different roasting methods had a statistically significant ($p < 0.01$) effect on BI, UV-A and color values of roasted chickpea samples, BI, UV-A and Hunter *a* values increased with increasing roasting temperature and time. In the study, the highest heat-induced contaminant formation was determined in the hot air roasting method, while the microwave roasting method gave the lowest results in all heat-induced contaminants. It was determined that the acrylamide content of the samples did not increase with the roasting process and remained below the limit of quantification (LOQ) value in all samples.

Keywords: Roasted chickpea, roasting, furan, furfural, acrylamide, HMF

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ zehra.gunel@gidatarim.edu.tr

☎ (+90) 332 223 53 12

☎ (+90) 332 223 54 90

Zehra Günel; ORCID no: 0000-0002-3431-7984

GİRİŞ

Baklagiller, tüm dünyada farklı hazırlama prosedürleri uygulanarak sıklıkla tüketilen temel gıdalar arasındadır. Isıt işlem uygulanarak yemek olarak tüketilebildikleri gibi kavrulduktan sonra atıştırılabilir olarak tüketilmekte ya da un haline getirilip farklı gıdalara katkı olarak kullanılabilmektedirler (Joghalli vd., 2017). Nohut (*Cicer arietinum* L.) nispeten yüksek protein içeriğinin yanı sıra, karbonhidratlar, esansiyel amino asitler, mineraller (K, Zn, Ca ve Mg), diyet lifi ve doymamış yağ asitleri açısından da oldukça zengin bir baklagildir (Simsek vd., 2016). Ülkemizde ve birçok Ortadoğu ülkesinde nohut, kavrulmuş tane halinde veya kavrulmuş tanenin un haline getirilmesi ile günlük diyetinde sıklıkla yer almaktadır. Nohuttan kavurma yöntemiyle elde edilen ve "leblebi" olarak adlandırılan ürün ise yapılan çalışmalarda Ortadoğu'nun en popüler atıştırılabilir olarak adlandırılmıştır (Coşkun ve Karababa, 2004). Türkiye, leblebi üretiminde dünyada ilk sırada gelmektedir. Ülkemizin başlıca leblebi üreten illeri Çorum, Denizli, Kütahya ve Gaziantep olup, her bölgede leblebi işleme yöntemi farklılık gösterebilmektedir. Leblebi üretiminde ham nohut taneleri suda ıslatılmakta ve ardından belirli süre ve sıcaklıkta kavrulmaktadır (Coşkun ve Karababa, 2004; Oğuz ve Sayaslan, 2019). Kavurma işlemi ile nohut tanelerinin lezzeti, dokusu, aroması ve rengi iyileşmekte, tüketici beğenisi kazanılmaktadır (Simsek vd., 2016). Kavurma işlemi genellikle kavurucu tipine, ısı transfer mekanizmasına ve zaman-sıcaklık profiline bağlı olarak 150-400 °C sıcaklık arasında gerçekleştirilmekte olup, bu işlemle birlikte duyu özelliklerinin gelişmesinin yanı sıra su aktivitesi azaltılarak, nohut tanelerinin raf ömrü de uzatılmaktadır (Malgorzata vd., 2016; Joghalli vd., 2017). Leblebi üretiminin en önemli aşaması olan kavurma ile zamana ve sıcaklığa bağlı olarak bazı kimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu reaksiyonların en önemlisi indirgen şekerlerin karbonil grupları ile serbest aminoasitler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonu ile meydana gelen melanoidin gibi bazı bileşikler antioksidan etki gösterse de diğer bir takım ara bileşikler insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Rannou vd., 2016). Bu bileşiklerin başında ise 5-

hidroksimetilfurfural (HMF), furfural, furan ve akrilamid gelmektedir (Mogol ve Gökmen, 2016; Gunel vd., 2018). HMF ve furfural birincil Maillard reaksiyonu ürünleri olarak kabul edilmektedir (Anese ve Suman, 2013). Furfural DNA hasarına, hücre membranının parçalanmasına ve çeşitli enzimlerin inaktivasyonuna sebep olabilen bir Maillard reaksiyonu ürünüdür (Park vd., 2015; Gunel vd., 2018). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından akrilamid A grubu muhtemel kanser yapıcılar arasında sınıflandırılırken, furan B grubu muhtemel kanser yapıcılar arasında yer almıştır (Anonim, 1995). Tüm bu zararlı etkilerinden dolayı kavurulmuş ürünlerde ısıt işlem kontaminantlarının oluşumunun kontrol edilebilir olması oldukça önemli bir husustur.

Leblebi üretim koşulları itibariyle ısıt işlem kontaminantlarının oluşumunun beklendiği bir üründür (Ölmez vd., 2008). Yapılan çalışmalarda nohutun kuru maddede yaklaşık %67 karbonhidrat içerdiği, bu karbonhidrat içeriğinin %3'lük kısmının ise indirgen şekerlerden oluştuğu bildirilmiştir (Coşkun ve Karababa, 2004; Kaur ve Prasad, 2021). Ayrıca nohutun serbest aminoasitleri de içeriğinde bulundurduğu ve toplam serbest amino asit bileşiminin majör aminoasitlerinin yaklaşık %18 oranıyla glutamik asit ve %12 oranıyla aspartik asitten oluştuğu rapor edilmiştir (Daur vd., 2008). Yapılan çalışmalarda glutamik asit ve aspartik asidin Maillard reaksiyonuna en yavaş katılan aminoasitler olduğu, reaksiyona katılabilmeleri için yüksek sıcaklığın yanı sıra uygulama süresinin de yüksek olması gerektiği bildirilmiştir (Batu vd., 2014). Nohutta glutamik ve aspartik asitten sonra en çok bulunan aminositlerin ise arjinin, lösin ve lizin olduğu rapor edilmiştir (Daur vd., 2008). Literatür çalışmalarında gıdalarda ısıt işlem kontaminantlarından biri olan furan oluşumu için ısıt işlem uygulamasında serin ve sistein aminoasitlerinin varlığında başka herhangi bir kaynağa ihtiyaç duyulmadan furan oluşabileceği bildirilmiştir (Perez Locas ve Yaylayan, 2004). Nitekim nohutta bulunan serbest aminoasitlerin yaklaşık %13'lük kısmının serin ve sisteinden oluşmasından dolayı, leblebide furan oluşumunun beklenen bir olay olduğu rapor edilmiştir (Daur

vd., 2008; Simsek vd., 2016). Serin ve sisteinin yanı sıra çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik ve linolenik yağ asitlerinin ısıl işlem ile oksidasyonu sonucunda furan oluşabileceğine bildiren çalışmalar da mevcuttur. Nohutta yaklaşık 490 g/kg linoleik ve 26 g/kg linolenik yağ asidi bulunduğu, ısıl işlem ile oksidasyona uğrayıp, furan oluşturabilecekleri bildirilmiştir (Owczarek-Fendor vd., 2010; Simsek vd., 2016). Isıl işlem kontaminantlarından biri olan akrilamidin oluşumunda ise öncül serbest aminoasit asparajin olarak bildirilmiş ve asparajin varlığında akrilamid oluşumunun daha hızlı gözlenebileceği rapor edilmiştir (Zyzak vd., 2003; Ölmez vd., 2008; Arusoglu, 2015). Nohut ile yapılan çalışmalarda ise nohut içerisinde serbest formda asparajin varlığına rastlanılmamış, mevcut nohut proteinlerinin termostabil yapılarından dolayı yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğu, ısıl işlemde dahi asparajine parçalanamayacakları bildirilmiştir (Vattem ve Shetty, 2003; Arcan ve Yemenicioğlu, 2007; Friedman ve Levin, 2008). Bu nedenle leblebide akrilamid oluşumunun serbest formda asparajin eksikliğinden dolayı oldukça düşük düzeylerde beklenen bir olay olduğu bildirilmiştir (Vattem ve Shetty, 2003; Friedman ve Levin, 2008; Ölmez vd., 2008).

Bu çalışmanın amacı mikrodalga, mikrodalga sıcak hava kombinasyonu ve yalnız sıcak hava kullanılan kavurma işlemlerinin leblebi örneklerinde ısıl işlem kontaminantlarının (HMF, furfural, furan, akrilamid) oluşumuna etkisini belirlemektir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışma kapsamında leblebi üretimi için yerel bir firmadan nohut temin edilmiştir. Kullanılan kimyasallar niteliğine uygun olarak analitik ve kromatografik saflıkta Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) firmalarından satın alınmıştır.

Kavurma İşlemleri ve Leblebi Üretimi

Leblebi üretimi için yabancı maddelerinden ayrılmış ve temizlenmiş nohut taneleri, su içerisinde (nohut:su, 1:2) oda sıcaklığında 45 dakika boyunca bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda bir elek yardımı ile süzülen nohut taneleri

oda sıcaklığında 10 dakika bekletilerek fazla yüzey suyunun uzaklaştırılması sağlanmıştır (Raza vd., 2019). Daha sonra kavurma işlemlerine başlanılmış ve her kavurma prosedürü için 200 g nohut kullanılmıştır. Mikrodalga ile kavurma işlemi için Pyrex petri kutuları içerisine yerleştirilen nohut taneleri 600 W güç seviyesinde 20 dakika boyunca kavurulmuştur. Mikrodalga ve sıcak hava kombinasyonu ile yapılan kavurma işleminde nohut taneleri 360 W mikrodalga gücünde 10 dakika ve 150 °C sıcak havada 5 dakika olmak üzere toplamda 15 dakika boyunca kavurulmuştur. Son olarak yalnız sıcak hava kullanılan kavurma işleminde nohut taneleri 250 °C sıcaklıkta 20 dakika boyunca kavurulmuştur. Kavurma işlemleri için kullanılan sıcaklık, güç ve süre değerleri ön denemelerle belirlenmiş olup, tüm kavurma işlemleri mikrodalga ve sıcak hava ünitesi bulunan bir fırın (Bosch, HMG656RS1, Stuttgart, Almanya) içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Nem İçeriği ve Su Aktivitesi

Farklı kavurma yöntemleri ile kavruan leblebi örneklerinin nem içerikleri gravimetrik yöntemle belirlenirken, su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (AwTherm, Rotronic, Bassersdorf, Sweden) yardımıyla belirlenmiştir (Günel vd., 2020).

Esmerleşme İndeksi ve Ultraviyole Absorbansı

Leblebi örneklerinin esmerleşme indeksi ve ultraviyole absorbansı değerlerini belirlemek amacıyla, ilk olarak örnekler bir öğütücü (Delonghi, KG49, Treviso, İtalya) yardımıyla toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler 1:20 oranında distile su ile homojenizatör (T-25, IKA, Staufen, Almanya) yardımıyla karıştırılmıştır. Elde edilen karışımın esmerleşme indeksi için 420 nm ve ultraviyole absorbansı için ise 294 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında absorbansları (Rayleigh Spectrophotometer, UV-1800 V/VIS, Beijing, China) ölçülmüştür. Ölçülen absorbanslar seyreltme oranları ile çarpılarak örneklerin BI ve UV-A değerleri belirlenmiştir.

Renk Değişimi

Farklı kavurma yöntemlerinin leblebi örneklerinin renk değişimine etkisini belirleyebilmek amacıyla

renk ölçüm cihazı (ChromaMeter, CR-400, Konica-Minolta, Osaka, Japonya) kullanılmış ve örneklerin renk değerleri Hunter L [(0) koyu - (100) açık], *a* [(+) kırmızı - (-) yeşil] ve *b* [(+) sarı - (-) mavi] olarak ifade edilmiştir. Ölçümlere başlanmadan önce cihaz beyaz bir plakaya karşı kalibre edilmiş ve kalibrasyon değerleri Hunter $L=98.76$, $a=0.09$ ve $b=1.00$ olarak belirlenmiştir.

HMF, Furfural, Furan ve Akrilamid Analizleri
Örneklerin HMF ve furfural içerikleri kromatografik yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g leblebi tozu 5 mL deiyonize su ile karıştırılmış ve 1 dakika boyunca vortekslenmiştir. Bu karışımın üzerine 0.25 mL Carrez I ve 0.25 mL Carrez II çözeltileri eklenerek karışımın berraklaşması sağlanmıştır. Elde edilen karışım santrifüjlenmiş (Allegra X-30, Beckman Coulter, California, USA) ve ayrılan berrak kısım deiyonize su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Son karışım 0.45 µm filtreden geçirildikten viallere alınmıştır. Örnekler LiChro-Spher C18 kolonda (5 µm, 25 x 0.4 cm), 32 °C kolon sıcaklığında, 1 mL/dk akış hızına sahip hareketli faz (Asetonitril:Su-%5 v/v; izokratik) yardımıyla HPLC'de (HP1100, Agilent, Waldbronn, Almanya) analiz edilmiş, bireysel pikler SPD-M20A Diode Array dedektör ile tespit edilmiştir. Örneklerin HMF (0-30 mg/kg) ve furfural (0-10 mg/kg) içerikleri harici standartlar kullanılarak hesaplanmıştır (Rufián-Henares vd., 2006).

Kavrulmuş leblebi örneklerinin furan içeriklerini belirleyebilmek amaçıyla GC-MS cihazı kullanılmıştır (Zoller vd., 2007). 5 g toz haline getirilmiş leblebi headspace örnek vialine alınarak, üzerine 5 mL saf su eklenmiştir. Bu karışımın üzerine internal standart olarak *d*₄ furan eklenerek vialin kapağı hermetik olarak kapatılmıştır. Headspace örnekleme viali 60 °C sıcaklıkta 20 dakika boyunca inkübe edildikten sonra vialin hava boşluğundan şırıngaya örnek alınmış ve GC-MS (Agilent 6890 GC ve Agilent 5973N MS, Agilent, Palo Alto, ABD) ile HP-Plot Q analitik kolonda (15 m, 0.32 mm, 20 µm, Agilent Palo Alto, ABD), 1.4 mL/dk sabit akışlı helyum ile 200 °C GC giriş sıcaklığında analiz edilmiştir. Fırın sıcaklık programı 6 dakika boyunca 40 °C'de kaldıktan sonra dakikada 20 °C'lik artışla 110

°C'ye çıkıp, 1 dakika bu sıcaklıkta beklemenin ardından, dakikada 70 °C'lik artışla 250 °C'ye çıkıp, 3.5 dakika bu sıcaklıkta kalacak şekilde ayarlanmıştır. Leblebilerin furan içerikleri harici standart (0-20 ng/g) metodu ile hesaplanmıştır.

Örneklerin akrilamid içeriklerini belirleyebilmek amaçıyla 1 g leblebi tozu üzerine 8.2 mL 60 °C sıcaklıkta saf su eklenmiştir. Bu karışımın üzerine 300 µL Carrez I ve 300 µL Carrez II çözeltileri ayrı ayrı ilave edildikten sonra 60 °C sıcaklıkta 20 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karışıma 2 mL saf su eklendikten sonra 8000 rpm hızda 30 dakika süre ile santrifüj (Allegra X-30, Beckman Coulter, California, USA) edilmiştir. Üst faz 0.45 µm naylon filtreden geçirildikten sonra ayrılan 3 mL üst fazın üzerine 300 µL bromlama çözeltileri ilave edilmiştir. (Bromlama çözeltileri 15.2 gr potasyum bromür, 0.8 ml hidrobromik asit, 5 ml %1.6 doymuş bromlu su ve 60 ml damıtılmış su ile hazırlanmıştır.) Karışım ağız kapalı tüpler içerisinde 1 saat boyunca buz banyosunda bekletilmiş, oluşan sarı rengin giderilebilmesi için 1-2 damla 1 M sodyum tiyosülfat çözeltileri eklenmiştir. Ardından 3 defa her biri 1 mL olacak şekilde etil asetat çözeltileri ilave edilip, 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Her karıştırma sonrası üst faz alınıp, 5000 rpm hızda 10 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. 1 mL süpernatant üzerine 100 µL trietil amin eklenip, elde edilen karışım GC viallerine alınmış ve GC-MS'de (Agilent 6890 GC ve Agilent 5973N MS, Agilent, Palo Alto, ABD) kromatografik olarak analiz edilmiştir (Cengiz ve Boyacı-Gündüz, 2013). Akrilamid analizi TR-WAX analitik kolonda (30 m, 0.25 mm, 0.25 µm), 1mL/dk sabit akışlı helyum ile, 2 µL enjeksiyon hacminde gerçekleştirilmiştir. Fırın sıcaklık programı 50°C sıcaklıkta 1 dk kaldıktan sonra dakikada 20°C'lik artışla 180°C sıcaklığa ve daha sonra dakikada 10°C'lik artışla 260°C sıcaklığa ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Akrilamid kalibrasyon kurvesini oluşturabilmek amaçıyla 0-100 µg/kg konsantrasyonlardaki standart çözeltileri kullanılmıştır.

Isıtım işlem kontaminantlarının tespit limiti (LOD), tayin limiti (LOQ) ve kalibrasyon kurvelerinden elde edilen regresyon katsayısı (R^2) değerleri izelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Isıl işlem kontaminantı standartlarının tespit limiti (LOD), tayin limiti (LOQ) ve regresyon katsayısı (R^2) değerleri

Table 1. The limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ) and coefficients of regression (R^2) values of heat-induced contaminant standards

Isıl işlem kontaminantı / Heat-Induced Contaminants	LOD	LOQ	R^2
Furfural / Furfural (mg/kg)	0.20	0.63	0.9852
Furan / Furan (ng/g)	5.06	14.52	0.9993
HMF / HMF (mg/kg)	0.32	0.97	0.9785
Akrilamid / Acrylamide (μ g/kg)	25.06	76.52	0.9896

İstatistiksel Analizler

Mevcut çalışmada leblebi kavurma işlemleri üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilirken, uygulanan tüm analizler üç paralel şekilde yürütülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlar ve ana varyasyon kaynakları varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine (SAS, Windows V7, SAS Enstitüsü, Cary, NC, ABD) tabi tutulmuştur. Ayrıca ısı işlem kontaminantlarının birbirleri ile ilişkilerini belirleyebilmek amacıyla SPSS paket programı (SPSS paket programı, Versiyon 25.0, IBM, New York, ABD) kullanılarak Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Varyans analizlerinde, ham nohut örneklerine ait veriler standart sapmayı yükselteceği için istatistiksel analizlere dahil edilmemiştir. Ham nohut örneklerine ait veriler referans olması açısından tablo ve şekillerde ham veri olarak verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Leblebi Örneklerinin Nem İçerikleri ve Su Aktivitesi Değerleri

Farklı kavurma yöntemleri ile kavurulmuş leblebi örneklerinin nem içerikleri Şekil 1'de verilmiştir. Nohut örneklerinin kavurulmadan önceki nem içerikleri 9.58 ± 0.12 olarak belirlenirken, bu içerik kavurma işlemi ile birlikte yaklaşık %55 oranında azaltılmıştır. Ham nohut örneğinden sonra en yüksek nem içeriği (5.49 ± 0.26) mikrodalga kavurma işleminde belirlenirken, en düşük nem içeriği (3.27 ± 0.20) sıcak hava kavurma işleminde hesaplanmıştır. Farklı kavurma işlemlerinin leblebi örneklerinin nem değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etki gösterdiği belirlenmiştir. Kavurulmamış nohut örneklerinin ve leblebi

örneklerinin nem değerleri literatürde daha önce yapılmış olan çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (Simsek vd., 2016; Özbey vd., 2017; Sağlam ve Seydim, 2017; Oğuz ve Sayaslan, 2019). Özbey (2017) yaptığı çalışmada sıcak hava kavurma yöntemi ile ürettiği leblebi örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerini analiz etmiştir. Çalışma sonucunda kavurma ile leblebi örneklerinin nem içeriklerinin %69 oranında azaltılabildiğini rapor etmiştir.

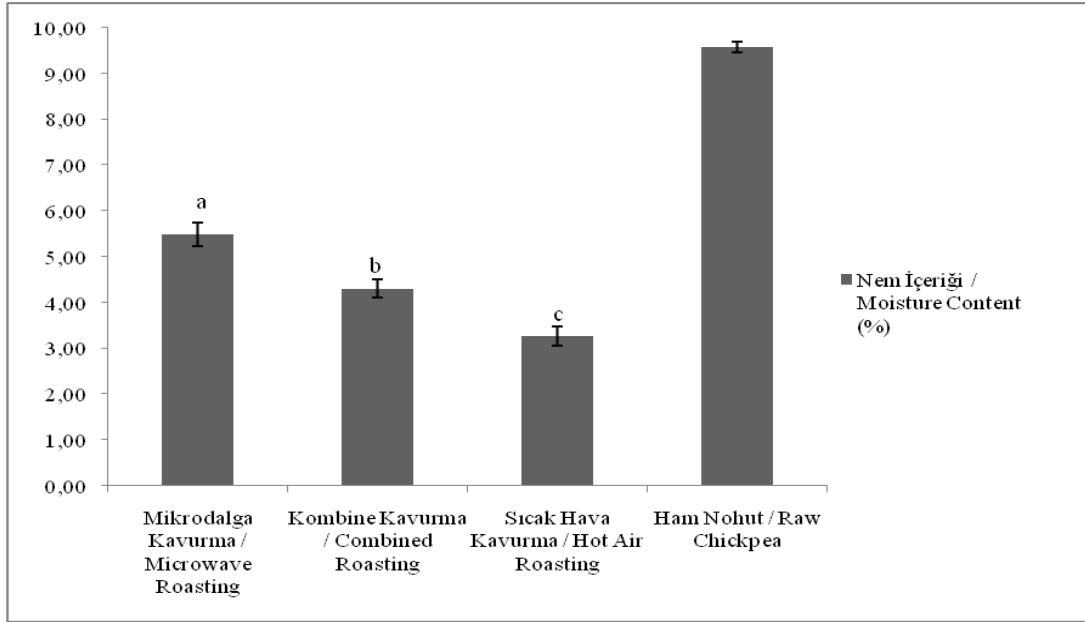
Mevcut çalışmada elde edilen leblebi örneklerinin su aktivitesi değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Nem içeriklerine benzer şekilde kavurma işlemi ile birlikte ham nohut örneğine göre leblebi örneklerinin su aktivitesi değerlerinde de düşüş gözlenmiştir. Beklenildiği üzere en yüksek su aktivitesi değeri (0.42 ± 0.02) mikrodalga kavurma işleminde hesaplanırken, en düşük su aktivitesi değeri (0.29 ± 0.00) sıcak hava kavurma işleminde hesaplanmıştır. Farklı kavurma yöntemlerinin leblebi örneklerinin su aktivitesi değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etki gösterdiği belirlenmiştir.

Leblebi Örneklerinin Renk, Esmerleşme İndeksi ve Ultraviyole Absorbansı Değerleri

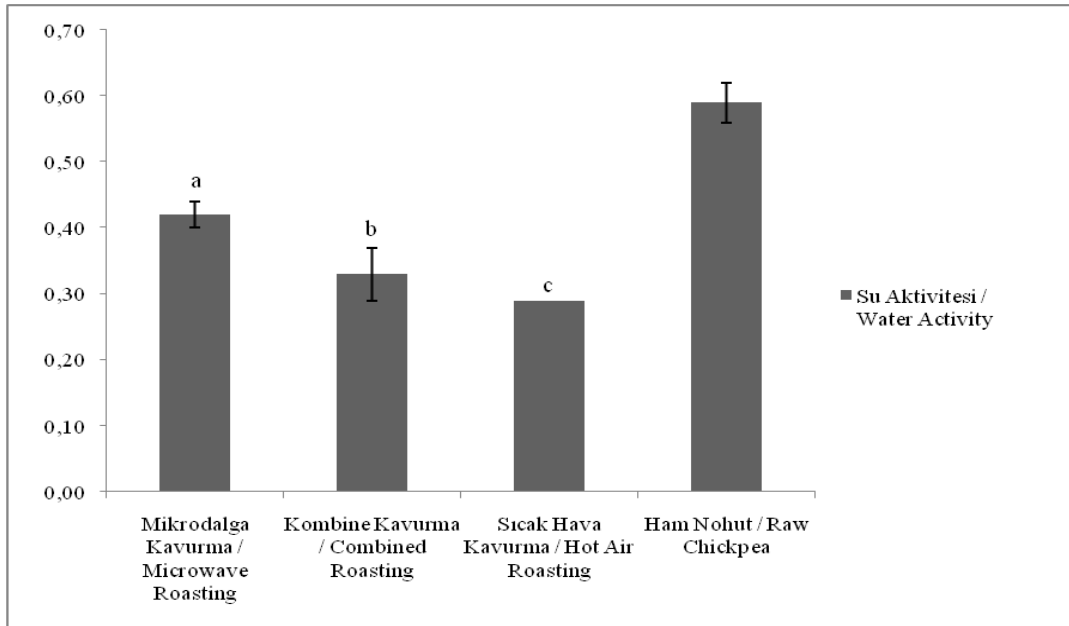
Mevcut çalışmada elde edilen leblebi örneklerine ait Hunter L , a ve b değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ham nohut örneklerinin Hunter L , a ve b değerleri sırasıyla 87.11 ± 0.13 , -0.92 ± 0.01 ve 21.56 ± 0.06 olarak belirlenirken, kavurma işlemi ile örneklerin L ve b değerlerinde düşüş, a değerlerinde ise artış gözlenmiştir. Farklı kavurma yöntemlerinin leblebi örneklerinin Hunter renk değerleri

üzerinde istatistikî açıdan önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ham nohut örneklerinin ve farklı kavurma yöntemleri ile elde edilen leblebi örneklerinin Hunter renk değerleri için elde edilen veriler, literatürde konu ile alakalı yapılmış çalışmalarla da uyumlu bulunmuştur

(Kaur vd., 2005; Jogihalli vd., 2017). Ayrıca kavurma işlemi ile Hunter L ve b değerlerinin yükseldiği ve a değerinin düştüğü, Kahyaoglu (2008) tarafından fıstığın kavurulması için, Günel vd. (2018) tarafından ise keçiyoynuzunun kavurulması için rapor edilmiştir.



Şekil 1. Leblebi örneklerinin nem içerikleri
Figure 1. Moisture content of the roasted chickpea samples



Şekil 2. Leblebi örneklerinin su aktivitesi değerleri
Figure 2. Water activity values of the roasted chickpea samples

Çizelge 2. Leblebi örneklerinin renk, esmerleşme indeksi (BI) ve ultraviyole absorbanı (UV-A) değerleri

Table 2. Color, browning index (BI) and ultraviolet absorbance (UV-A) values of the roasted chickpea samples

Kavurma Yöntemi / Roasting Method	Hunter L	Hunter a	Hunter b	BI	UV-A
Mikrodalga Kavurma / Microwave Roasting	83.10 ^a ±0.14	-0.86 ^c ±0.00	20.02 ^a ±0.14	41.50 ^c ±1.31	504.52 ^c ±21.03
Kombine Kavurma / Combined Roasting	76.26 ^b ±0.09	-0.21 ^b ±0.04	16.04 ^b ±0.10	44.06 ^b ±2.11	516.17 ^b ±20.11
Sıcak Hava Kavurma / Hot Air Roasting	62.41 ^c ±0.14	1.14 ^a ±0.02	10.06 ^c ±0.07	50.03 ^a ±1.91	527.56 ^a ±17.02
Önem Düzeyi / Significance Level	**	**	**	**	**
Ham Nohut / Raw Chickpea	87.11±0.13	-0.92±0.01	21.56±0.06	38.10±0.98	492.50±11.16

** $p < 0.01$, Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki açıdan önemli etki ifade eder. Ham nohut örneklerine ait veriler referans olması açısından verilmiştir / Different letters in the same column represent a statistically significant effect. The data of raw chickpea samples are given for reference.

Farklı kavurma yöntemleri ile elde edilen leblebi örneklerine ait esmerleşme indeksi (BI) ve ultraviyole absorbanı (UV-A) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede yer alan sonuçlara göre kontrol örneğinin BI ve UV-A değerlerinin kavurma işlemi ile birlikte arttığı gözlenmiştir. Kavurma işleminin örneklerin BI ve UV-A değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etki gösterdiği belirlenmiştir. Kavurma işlemi ile ham nohut örneğinin BI değeri yaklaşık %19 oranında artış gösterirken, UV-A değeri yaklaşık %5 oranında artış göstermiştir. Literatürde doğrudan leblebi örneklerinin BI ve UV-A değerlerinin belirlendiği bir çalışmaya rastlanılmamakla birlikte benzer atıştırma süreçlerinin üretiminde de kavurma işlemi ile BI ve UV-A değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Söz konusu bu çalışmalardan birinde kavurulmuş fıstık örneklerinde BI değerleri belirlenmiş ve mevcut çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde kavurma sıcaklık ve süresindeki artış ile birlikte örneklerin BI değerlerinde artış gözlemlendiği rapor edilmiştir (Pukkasorn vd., 2018). Günel vd. (2018) yaptıkları çalışmada keçiyoynuzu örneklerinde kavurma işleminin artan sıcaklık, süre ve güç değerleri ile BI- ve UV-A değerlerinin arttığını rapor

etmişlerdir. Yine keçiyoynuzu ile yapılmış bir diğer çalışmada kavurma işleminde artan sıcaklık ve sürenin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını tetiklediği, bu nedenle örneklerin BI ve UV-A değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Şahin vd., 2009).

Literatürde Maillard reaksiyonu ürünlerinin bir diğer deyişle ısı işlem kontaminantlarının ultraviyole ışığı absorbe edebilme kapasitesinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle kavurulmuş ürünlerde UV-A değerinin Maillard reaksiyonu ürünlerinin oluşumu ile doğru orantılı olabileceği bildirilmiştir. Kavurulmuş ürünlerde UV-A değerinin belirlenmesi ve ısı işlem ile artışının gözlenmesi, ısı işlem kontaminantlarının varlığının bir göstergesi olarak literatürde yer almıştır (Ajandouz vd., 2001; Benjakul vd., 2005; Şahin vd., 2009). Ancak nohut gibi karmaşık gıda matrislerinde fenolik bileşiklerin de 294 nm'de Maillard absorbanı yapabilecekleri belirtilmiştir. Ayrıca heterosiklik bileşiklerin de UV ışını absorbe edebileceği literatür çalışmalarınca bildirilmiştir (Eichner ve Karel, 1972; Ledl ve Schleicher, 1990; Benjakul vd., 2005; Şahin vd., 2009). Nohut uçucu bileşiklerinin de yaklaşık %

8.2'lik kısmının heterosiklik bileşiklerden oluştuğu (Lasekan vd., 2011) göz önüne alındığında, mevcut çalışmada kavurma işlemi ile BI ve UV-A değerlerindeki artış, ısıtıl işlem kontaminantlarının oluşumunun yanı sıra karmaşık nohut matrisinden kaynaklı heterosiklik bileşiklere ve fenolik bileşiklere de bağlanabilmektedir.

Leblebi Örneklerinin Furan, Furfural, HMF ve Akrilamid İçerikleri

Mevcut çalışmada elde edilen leblebi örneklerinin furan, furfural, HMF ve akrilamid içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Farklı kavurma yöntemleri ile örneklerin furan içerikleri 5.29 ± 0.02 ng/g ve 8.88 ± 0.00 ng/g olmak üzere değişen miktarlarda belirlenmiştir. En yüksek furan içeriği beklenildiği üzere sıcak hava ile kavurma yönteminde tespit edilirken, en düşük furan içeriği mikrodalga ile kavurma yönteminde tespit edilmiştir. Kavurma işlemi uygulanmamış ham nohutun furan içeriği 4.13 ± 0.03 ng/g olarak belirlenmiş olup, kavurma işlemi ile yaklaşık olarak %67 oranında arttığı gözlenmiştir. Kavurma işlemlerinin leblebi örneklerinin furan içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etki gösterdiği

belirlenmiştir. Literatürde ısıtıl işlem ile furan oluşabilmesi için indirgen şeker ve serbest aminoasit varlığının yanı sıra, serin ve sistein aminoasitlerinin başka herhangi bir kaynağa ihtiyaç duymadan tek başlarına dahi furan oluşumuna sebebiyet verebileceği rapor edilmiştir (Perez Locas ve Yaylayan, 2004). Ayrıca linoleik ve linolenik yağ asidi gibi çoklu doymamış yağ asitlerinin de ısıtıl işlem uygulaması ile okside olabileceği ve bu oksidasyon sonucunda furan oluşabileceğine bildiren çalışmalar da mevcuttur (Owczarek-Fendor vd., 2010). Nohutun serbest aminoasitlerinin yaklaşık %13'lük kısmının serin ve sisteinden oluştuğu (Daur vd., 2008) ve yüksek oranda linoleik ve linolenik yağ asitlerine sahip olduğu (Owczarek-Fendor vd., 2010) göz önüne alındığında, mevcut çalışmadaki furan oluşumu Maillard reaksiyonunun yanı sıra bahsi geçen durumlara da bağlanabilmektedir. Mevcut çalışmada kavurma güç, sıcaklık ve süresindeki artış ile örneklerin furan içeriğinde gözlenen artışa benzer sonuçlar kavurulmuş keçiyoynuzu (Günel vd., 2018), kavurulmuş kahve (Altaki vd., 2011) ve kavurulmuş badem ve fıstık (Cha ve Lee, 2020) için de rapor edilmiştir.

Çizelge 3. Leblebi örneklerinin furfural, furan, HMF ve akrilamid içerikleri
Table 3. Furfural, furan, HMF and acrylamide contents of the roasted chickpea samples

Kavurma Yöntemi <i>Roasting Method</i>	Furfural (mg/kg) <i>Furfural (mg/kg)</i>	Furan (ng/g) <i>Furan (ng/g)</i>	HMF (mg/kg) <i>HMF (mg/kg)</i>	Akrilamid (µg/kg) <i>Acrylamide (µg/kg)</i>
Mikrodalga Kavurma <i>Microwave Roasting</i>	$0.26^c \pm 0.02$	$5.29^c \pm 0.02$	$1.14^c \pm 0.06$	<LOQ
Kombine Kavurma <i>Combined Roasting</i>	$1.04^b \pm 0.01$	$6.52^b \pm 0.04$	$2.01^b \pm 0.02$	<LOQ
Sıcak Hava Kavurma <i>Hot Air Roasting</i>	$2.03^a \pm 0.13$	$8.88^a \pm 0.00$	$2.98^a \pm 0.00$	<LOQ
Önem Düzeyi <i>Significance Level</i>	**	**	**	-
Ham Nohut <i>Raw Chickpea</i>	<LOD	4.13 ± 0.03	<LOD	<LOQ

** $p < 0.01$, LOD: Tespit limiti, LOQ: Tayin limiti, Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki açıdan önemli etki ifade eder. Ham nohut örneklerine ait veriler referans olması açısından verilmiştir / LOD: Limit of detection, LOQ: Limit of quantification, Different letters in the same column represent a statistically significant effect. The data of raw chickpea samples are given for reference.

Çizelge 3'te yer alan sonuçlara göre, kavurma işleminin leblebi örneklerinin furfural içeriklerini önemli ölçüde etkilediği söylenebilmektedir. Ham nohut örneğinde furfural içeriği tespit edilememişken sıcak hava ile kavurma sonrasında bu oran 2.03 ± 0.13 mg/kg değerine çıkmıştır. Furan içeriğine benzer şekilde örneklerin furfural içerikleri de kavurma artan işlem parametreleri ile artış göstermiştir. Kavurma işleminin örneklerde furfural oluşumu üzerine istatistik olarak önemli ($p < 0.01$) etki gösterdiği belirlenmiştir. Furfural oluşum mekanizmasında indirgen şeker ve serbest amino asit varlığının elzem olduğu bilinmekte olup (Batu vd., 2014), nohutta hem indirgen şeker hem de serbest aminoasit varlığının furfural oluşumuna sebebiyet verdiği düşünülmüştür. Nitekim yapılan çalışmalarda nohutta bulunan karbonhidratların yaklaşık %3'lük kısmının indirgen şekerlerden oluştuğu, bunun yanı sıra ortalama %15 oranında serbest durumda glutamik asit ve aspartik asit aminoasitlerini de içerdiği bildirilmiştir (Coşkuner ve Karababa, 2004; Daur vd., 2008; Kaur ve Prasad, 2021). Literatürde kavurma işlemi ile atıştırmalık ürünlerin furfural içeriğinin arttığına dair çalışmalar (Nicolotti vd., 2013; Čepo vd., 2014; Günel vd., 2018) bulunmakta olup, mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

HMF gıdalarda farklı yollar izleyerek oluşabilmektedir. Heksozların dehidrasyonu olarak da bilinen Maillard reaksiyonu veya karamelizasyon gibi farklı yollar HMF'nin oluşumuna sebebiyet verebilmektedir (Murkovic ve Bornik, 2007; Durmaz ve Gökmen, 2010). Literatür çalışmalarında HMF oluşumu için su aktivitesi değerinin oldukça kritik bir rol oynadığı, 0.4'ün altındaki su aktivitesi değerlerinde HMF oluşum eğrisinin daha da keskinleştiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra 100 °C sıcaklık değerinin de HMF oluşumunda kritik bir eşik olduğu, bu sıcaklığın üzerinde HMF oluşumunun belirli bir noktaya kadar hızla arttığı rapor edilmiştir (Gökmen vd., 2008). Mevcut çalışmada da literatür verileri ile uyumlu şekilde en yüksek HMF içeriği (2.98 ± 0.00 mg/kg) en düşük su aktivitesine (0.29 ± 0.00) ve en yüksek kavurma sıcaklığına (250 °C sıcaklıkta 20 dk) sahip olan sıcak hava ile kavurma yönteminde tespit

edilmiştir (Çizelge 3). Ham nohut örneğinin HMF içeriği 0.19 ± 0.02 mg/kg (<LOD) olarak tespit edilirken, kavurma işlemi ile HMF içeriğinde ortalama 10 katlık bir artış tespit edilmiştir. Literatürde doğrudan leblebi örneklerinin kavurma işlemi ile değişen HMF içeriğinin belirlendiği bir çalışmaya rastlanılmamış olsa da benzer atıştırmalıkların (Fallico vd., 2003; Günel vd., 2018), kahvenin (Murkovic ve Bornik, 2007) ve kakaonun (Sacchetti vd., 2016) kavrulduğu çalışmalarda uyumlu sonuçlar rapor edilmiştir.

Mevcut çalışmada ham nohut örneğinin ve leblebi örneklerinin tamamında akrilamid içeriği tayin limit değerinin (LOQ) altında bulunmuştur (Çizelge 3). Ham nohut örneğinde 32.51 ± 1.14 µg/kg (<LOQ) olarak belirlenen akrilamid içeriği kavurma işlemleri sonunda ortalama 34.86 ± 0.82 µg/kg (<LOQ) olarak hesaplanmış ve neredeyse hiç artış göstermediği sonucuna varılmıştır. Nitekim literatürde akrilamid bileşiğinin stabil bir bileşik olmadığı, yüksek sıcaklıklarda, altında yatan mekanizma bilimsel açıdan tam anlamıyla aydınlatılmamış olsa da farklı ısıl işlem bileşiklerine ayrışabileceği, kavurma işleminin başlarında yüksek bulunabilirken, işlem sonlarına doğru tamamen parçalanabileceği bildirilmiştir (Farah vd., 2012). Ancak mevcut çalışmada akrilamid içeriğinde artış olmamasının sebebi tamamen kavurma işlemine değil, nohutun yüksek protein içeriğine sahip olmasına da bağlanabilmektedir. Literatürde nohut ve farklı tahıl bazlı ürünlerin kavrulduğu bir çalışmada, nohut örneklerinde akrilamid içeriğinin diğer tahıllara göre daha düşük seviyelerde olduğu, son örneğin akrilamid içeriğinin LOQ değerinin altında kaldığı bildirilmiştir (Oğuz ve Sayaslan, 2019). Benzer şekilde Türk marketlerinde atıştırmalık olarak satılan gıdaların akrilamid içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada da diğer pek çok atıştırmalığa göre leblebinin akrilamid içeriğinin oldukça düşük seviyelerde kaldığı bildirilmiştir (Ölmez vd., 2008). Yapılan çalışmalar nohut proteinlerinin ısıl işlem kontaminantı oluşumuna karşı koruyucu bir etki gösterdiğini, nohutta bulunan proteinlerin termostabil yapıda olduklarını ve bu nedenle pek çok gıdada nohut unununun ısıl işlem kontaminantı oluşumuna karşı katkı maddesi olarak

kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Vattem ve Shetty, 2003; Friedman ve Levin, 2008). Vattem ve Shetty (2003) yaptıkları çalışmada patates dilimlerini kızartıp, cips haline getirmeden önce farklı bitkisel kökenli unlarla (kızılıcak, kekik ve nohut unu) ön işleme tabi tutmuşlar ve son üründe akrilamid oluşumunu incelemişlerdir. Çalışma sonunda akrilamide karşı en yüksek koruyucu etkiyi nohut ununun gösterdiği, nohut unu ile muamele edildikten sonra kızartılan patates dilimlerinin akrilamid içeriklerinin neredeyse hiç kızartılmamış patates dilimlerine yakın olduğu rapor edilmiştir. Mevcut çalışmada da leblebi örneklerinin akrilamid içeriklerinin kavurma işlemi ile artmaması ve LOQ değerinin altında kalmasının temel nedeninin nohut proteinlerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Nohut proteinlerinin termostabil yapıda olup, ısıt işlem ile parçalanmalarının yanı sıra akrilamid oluşumu öncü aminoasidi olan asparajinin nohut bileşiminde serbest formda bulunmamasının da (Daur vd., 2008) leblebide akrilamid oluşumunun düşük düzeylerde kalmasının nedeni olabileceği değerlendirilmiştir.

Pearson Korelasyonu Analiz Sonuçları

Kavurma işlemi ile meydana gelen renk değişiklikleri temelde Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon olayı ile ilişkilendirilebilmektedir (Özdemir ve Devres, 2000). Bu nedenle kavurma ile meydana gelen renk değişiklikleri ile Maillard

reaksiyonu arasında bir korelasyon olabileceği literatür çalışmalarınca bildirilmiştir (Şenyuva ve Gökmen, 2005; Günel vd., 2018; Suri vd., 2019). Nitekim Çizelge 4'te verilen Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre de Hunter renk değerleri ile ısıt işlem kontaminantlarının oluşumu arasında yüksek oranda korelasyon olduğu belirlenmiş, bu korelasyonun Hunter *L* ve *b* değerleri ile negatif yönlü, *a* değerleri ile ise pozitif yönlü olduğu gözlenmiştir. Belirlenen tüm korelasyonlar %90'ın üzerinde bulunurken, Hunter *L* değerinin düşmesi yani kavruan ürünün renginin koyulaşması ısıt işlem kontaminantı oluşumu ile negatif korelasyon göstermiştir. Bu durum, Hunter *L* değeri düştükçe ısıt işlem kontaminantları da bununla %90 ve üzeri korele bir şekilde artmaktadır şeklinde yorumlanabilmektedir. Şenyuva ve Gökmen (2005) de mevcut çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde yaptıkları çalışmada kahvede ısıt işlem kontaminantı oluşumu ile kahvenin renk değerleri arasında yüksek korelasyon olduğunu rapor etmişlerdir. Yine benzer sonuçlar, Günel vd. (2018) tarafından keçiyoynuzu için rapor edilmiş, renk değerleri ve ısıt işlem kontaminantları arasında yüksek korelasyon olduğu belirtilmiştir. Keçiyoynuzu örneklerinde de artan ısıt işlem kontaminantı ile Hunter *L* ve *b* değerlerinin negatif, Hunter *a* değerlerinin ise pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmiştir.

Çizelge 4. Isıt işlem kontaminantları ile Hunter renk değerleri arasındaki Pearson korelasyon tablosu
Table 4. Pearson's correlation table between the heat-induced contaminants and Hunter color values

	Furfural / <i>Furfural</i>	Furan / <i>Furan</i>	HMF / <i>HMF</i>	Akrilamid / <i>Acrylamide</i>
Hunter <i>L</i>	-0.9922**	-0.9999**	-0.9869**	-0.9274**
Hunter <i>a</i>	0.9570**	0.9188**	0.9671**	0,9973**
Hunter <i>b</i>	-0.9989**	-0.9979**	-0.9965**	-0.9536**

** $p < 0.01$

SONUÇ

Gerek ülkemizde gerekse dünyada en çok tüketilen atıştırmalıkların başında gelen leblebi üretiminin ilk ve en önemli aşaması olan kavurma, leblebiye kendine has tat, koku ve aromasını veren bir işlemdir. Ancak kavurma prosesi leblebiye kendine has bazı özelliklerini kazandırmanın yanı sıra insan sağlığına zararlı bazı ısıt işlem kontaminantlarının oluşumuna da sebebiyet

verebilmektedir. Mevcut çalışmada da hemen hemen her hanede atıştırmalık olarak tüketilen leblebinin farklı kavurma yöntemleri ile kavrulup, ısıt işlem kontaminantı oluşumunun ne düzeyde olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada mikrodalga, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ve sadece sıcak hava kullanılarak kavruan leblebi örneklerinde fizikokimyasal analizlerin yanı sıra furan, furfural, HMF ve

akrilamid oluşumu takip edilmiştir. En düşük ısı işlem kontaminantı oluşumu beklenildiği üzere mikrodalga ile kavurma işleminde gözlenirken, en yüksek ısı işlem kontaminantı oluşumu sıcak hava kavurma prosesinde gözlenmiştir. Örneklerin Hunter renk değerleri ile ısı işlem kontaminantlarının oluşumu arasında oldukça yüksek korelasyon belirlenmiş olup, en koyu renkli (Hunter *L* değeri en düşük) örnekte en yüksek ısı işlem kontaminantı oluşumu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, farklı kavurma yöntemlerinin örneklerin akrilamid içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli etki ($p>0.01$) göstermediği kaydedilmiştir. Literatür verileri ışığında leblebide kavurma ile akrilamid içeriğinin artmaması, nohutta akrilamid öncüsü asparajin aminoasidinin serbest formda bulunmamasına bağlanabilmektedir. Ayrıca nohut proteinlerinin yüksek termostabilite göstermesinin leblebi örneklerinde akrilamid oluşumunu sınırladığı düşünülmüştür.

Gelecek çalışmalarda farklı kavurma yöntemleri ile elde edilen leblebi örneklerine duyu analizler uygulanarak, en düşük ısı işlem kontaminantı sonuçlarını verse de mikrodalga kavurma işleminde yeterli aroma, tat ve koku oluşup, oluşmadığı belirlenebilir. Ayrıca elde edilen örneklere depolama stabilitesi analizleri uygulanarak farklı kavurma yöntemlerinin depolama stabilitesi üzerindeki etkileri gözlenebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar, bu çalışmada başka kişi veya kurum ve kuruluşlar ile herhangi bir çıkar çatışması olmadığı beyan etmektedir.

KAYNAKLAR

Ajandouz, E. H., Tchiakpe, L. S., Ore, F. D., Benajiba, A., Puigserver, A. (2001). Effects of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. *J Food Sci*, 66(7), 926-931, doi: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb08213.x

Altaki, M. S., Santos, F. J., Galceran, M. T. (2011). Occurrence of furan in coffee from Spanish market: contribution of brewing and roasting. *Food Chem*, 126(4): 1527-1532, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.134

Anese, M., Suman, M. (2013). Mitigation strategies of furan and 5-hydroxymethylfurfural in food. *Food Res Int*, 51(1): 257-264, doi: 10.1016/j.foodres.2012.12.024

Anonim (1995). [IARC] International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 63.393-407. France: IARC.

Arusoğlu, G. (2015). Akrilamid oluşumu ve insan sağlığına etkileri. *Akademik Gıda*, 13(1), 61-71.

Benjakul, S., Lertittikul, W., Bauer, F. (2005). Antioxidant activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein-sugar model system. *Food Chem*, 93(2): 189-196, doi: 10.1016/j.foodchem.2004.10.019

Cengiz, M. F., Boyacı-Gündüz, C. P. (2013). Acrylamide exposure among Turkish toddlers from selected cereal-based baby food samples. *Food Chem Toxicol*, 60: 514-519, doi: 10.1016/j.fct.2013.08.018

Čepo, D. V., Mornar, A., Nigović, B., Kremer, D., Radanović, D., Dragojević, I. V. (2014). Optimization of roasting conditions as a useful approach for increasing antioxidant activity of carob powder. *LWT-J Food Sci Technol*, 58(2): 578-586, doi: 10.1016/j.lwt.2014.04.004

Cha, C. Y., Lee, K. G. (2020). Effect of roasting conditions on the formation and kinetics of furan in various nuts. *Food Chem*, 331: 127338, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127338

Coşkun, Y., Karababa, E. (2004). Leblebi: a roasted chickpea product as a traditional Turkish snack food. *Food Rev Int*, 20(3): 257-274, doi: 10.1081/FRI-200029424

Daur, I., Khan, I. A., Jahangir, M. (2008). Nutritional quality of roasted and pressure-cooked chickpea compared to raw (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Sarhad J Agric*, 24(1), 117.

Durmaz, G., Gökmen, V. (2010). Determination of 5-hydroxymethyl-2-furfural and 2-furfural in oils as indicators of heat pre-treatment. *Food Chem*, 123(3): 912-916, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.001

- Eichner, K., Karel, M. (1972). Influence of water content and water activity on the sugar-amino browning reaction in model systems under various conditions. *J Agric Food Chem*, 20(2): 218-223, doi: 10.1021/jf60180a025
- Fallico, B., Arena, E., Zappala, M. (2003). Roasting of hazelnuts. Role of oil in colour development and hydroxymethylfurfural formation. *Food Chem*, 81(4): 569-573, doi: 10.1016/S0308-8146(02)00497-1
- Farah, D. M. H., Zaibunnisa, A. H., Misnawi, J., Zainal, S. (2012). Effect of roasting process on the concentration of acrylamide and pyridines in roasted cocoa beans from different origins. *APCBEE Proc*, 4: 204-208, doi: 10.1016/j.apcbee.2012.11.034
- Friedman, M., Levin, C. E. (2008). Review of methods for the reduction of dietary content and toxicity of acrylamide. *J Agric Food Chem*, 56(15), 6113-6140, doi: 10.1021/jf0730486
- Gökmen, V., Açar, Ö. Ç., Serpen, A., Morales, F. J. (2008). Effect of leavening agents and sugars on the formation of hydroxymethylfurfural in cookies during baking. *Eur Food Res Technol*, 226(5): 1031-1037, doi: 10.1007/s00217-007-0628-6
- Gunel, Z., Tontul, İ., Dincer, C., Topuz, A., Sahin-Nadeem, H. (2018). Influence of microwave, the combined microwave/hot air and only hot air roasting on the formation of heat-induced contaminants of carob powders. *Food Addit Contam Part A*, 35(12): 2332-2339, doi: 10.1080/19440049.2018.1544720
- Gunel, Z., Torun, M., Sahin-Nadeem, H. (2020). Sugar, d-pinitol, volatile composition, and antioxidant activity of carob powder roasted by microwave, hot air, and combined microwave/hot air. *J Food Process Preserv*, 44(4): e14371, doi: 10.1111/jfpp.14371
- Joghialli, P., Singh, L., Kumar, K., Sharanagat, V. S. (2017). Novel continuous roasting of chickpea (*Cicer arietinum*): Study on physico-functional, antioxidant and roasting characteristics. *LWT*, 86: 456-464, doi: 10.1016/j.lwt.2017.08.029
- Kahyaoglu, T. (2008). Optimization of the pistachio nut roasting process using response surface methodology and gene expression programming. *LWT-J Food Sci Technol*, 41(1), 26-33, doi: 10.1016/j.lwt.2007.03.026
- Kaur, M., Singh, N., Sodhi, N. S. (2005). Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *J Food Eng*, 69(4): 511-517, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.09.002
- Kaur, R., Prasad, K. (2021). Nutritional characteristics and value-added products of Chickpea (*Cicer arietinum*)-A review. *J Postharvest Technol*, 9(2), 1-13, doi: 10.1017/S0007114512000797
- Ledl, F., Schleicher, E. (1990). New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. *Angew Chem Int Ed Eng*, 29(6): 565-594, doi: 10.1002/anie.199005653
- Malgorzata, W., Konrad, P. M., Zieliński, H. (2016). Effect of roasting time of buckwheat groats on the formation of Maillard reaction products and antioxidant capacity. *Food Chem*, 196: 355-358, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.064
- Mogol, B. A., Gökmen, V. (2016). Thermal process contaminants: acrylamide, chloropropanols and furan. *Curr Opin Food Sci*, 7: 86-92, doi: 10.1016/j.cofs.2016.01.005
- Murkovic, M., Bornik, M. A. (2007). Formation of 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) and 5-hydroxymethyl-2-furoic acid during roasting of coffee. *Mol Nutr Food Res*, 51(4): 390-394, doi: 10.1002/mnfr.200600251
- Nicolotti, L., Cordero, C., Bicchi, C., Rubiolo, P., Sgorbini, B., Liberto, E. (2013). Volatile profiling of high quality hazelnuts (*Corylus avellana* L.): Chemical indices of roasting. *Food Chem*, 138(2-3): 1723-1733, doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.086
- Oğuz, A., Sayaslan, A. (2019). Antioxidant properties of roasted whole-grain, oilseed and nut snacks and effect of roasting process on these properties. *Akademik Gıda*, 17(2): 149-156, doi: 10.24323/akademik-gida.612869

- Owczarek-Fendor, A., De Meulenaer, B., Scholl, G., Adams, A., Van Lancker, F., Yogendrarajah, P., De Kimpe, N. (2010). Importance of fat oxidation in starch-based emulsions in the generation of the process contaminant furan. *J Agric Food Chem*, 58(17), 9579-9586, doi: 10.1021/jf101671u
- Ölmez, H., Tuncay, F., Özcan, N., Demirel, S. (2008). A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market. *J Food Compost Anal*, 21(7): 564-568, doi: 10.1016/j.jfca.2008.04.011
- Özbey, F. (2017). Effect of traditional processing steps on chemical and nutritional composition of leblebi. *Acta Aliment*, 46(3): 290-296, doi: 10.1556/066.2015.7777
- Özdemir, M., Devres, O. (2000). Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *J Food Eng*, 44(1): 31-38, doi: 10.1016/S0260-8774(99)00162-4
- Park, H. S., Um, Y., Sim, S. J., Lee, S. Y., Woo, H. M. (2015). Transcriptomic analysis of *Corynebacterium glutamicum* in the response to the toxicity of furfural present in lignocellulosic hydrolysates. *Process Biochem*, 50(3): 347-356, doi: 10.1016/j.procbio.2014.11.014
- Perez Locas, C., Yaylayan, V. A. (2004). Origin and mechanistic pathways of formation of the parent furan A food toxicant. *J Agric Food Chem*, 52(22), 6830-6836, doi: 10.1021/jf0490403
- Pukkasorn, P., Ratphitagsanti, W., Haruthaitanasan, V. (2018). Effect of ultra-superheated steam on aflatoxin reduction and roasted peanut properties. *J Sci Food Agric*, 98(8): 2935-2941, doi: 10.1002/jsfa.8788
- Rannou, C., Laroque, D., Renault, E., Prost, C., Sérot, T. (2016). Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods. *Food Res Int*, 90: 154-176, doi: 10.1016/j.foodres.2016.10.037
- Raza, H., Zaaboul, F., Shoaib, M., Ashraf, W., Hussain, A., Zhang, L. (2019). Physicochemical and structural characterization of microwave-roasted chickpea. *J Glob Innov Agric Soc Sci*, 7: 23-28, doi: 10.22194/JGIASS/7.805
- Rufián-Henares, J. A., Delgado-Andrade, C., Morales, F. J. (2006). Application of a fast HPLC method for simultaneously determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. *J AOAC Int*, 89(1): 161-165, doi: 10.1093/jaoac/89.1.161
- Sacchetti, G., Ioannone, F., De Gregorio, M., Di Mattia, C., Serafini, M., Mastrocola, D. (2016). Non enzymatic browning during cocoa roasting as affected by processing time and temperature. *J Food Eng*, 169: 44-52, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.018
- Sağlam, H., Seydim, A. C. (2017). Leblebi Üretiminde İkinci Kavurma Koşullarının Leblebi'nin Fizikokimyasal Özellikleri ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3): 279-292, doi: 10.29050/harranziraat.339334
- Simsek, S., Herken, E. N., Ovando-Martinez, M. (2016). Chemical composition, nutritional value and in vitro starch digestibility of roasted chickpeas. *J Sci Food Agric*, 96(8): 2896-2905, doi: 10.1002/jsfa.7461
- Suri, K., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M. P., Singh, N. (2019). Impact of infrared and dry air roasting on the oxidative stability, fatty acid composition, Maillard reaction products and other chemical properties of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil. *Food Chem*, 295, 537-547, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.140
- Şahin, H., Topuz, A., Pischetsrieder, M., Özdemir, F. (2009). Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder. *Eur Food Res Technol*, 230(1): 155-161, doi: 10.1007/s00217-009-1152-7
- Şenyuva, H. Z., Gökmen, V. (2005). Study of acrylamide in coffee using an improved liquid chromatography mass spectrometry method: Investigation of colour changes and acrylamide formation in coffee during roasting. *Food Addit Contam*, 22(3): 214-220, doi: 10.1080/02652030500109834
- Vattem, D. A., Shetty, K. (2003). Acrylamide in food: a model for mechanism of formation and its reduction. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 4(3), 331-338, doi: 10.1016/S1466-8564(03)00033-X

Zoller, O., Sager, F., Reinhard, H. (2007). Furan in food: headspace method and product survey. *Food Addit Contam*, 24(sup1): 91-107, doi: 10.1080/02652030701447389

Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K.,

Villagran, M. D. (2003). Acrylamide formation mechanism in heated foods. *J Agric Food Chem*, 51(16), 4782-4787, doi: 10.1021/jf034180i

TÜRKİYE'DE TÜKETİME SUNULAN TARÇIN TÜRLERİNİN ANATOMİK İNCELENMESİ VE KUMARİN MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Gökalp İşcan^{1*}, Esra Bektaş Sarıaltın², Murat Soyseven³, Göksel Arlı^{3,4}

¹Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

²Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakognozi Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

³Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Sağlık Hizmetleri MYO, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Eskişehir, Türkiye

⁴Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Analitik Kimya Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

Geliş / Received: 21.01.2021; Kabul / Accepted: 23.03.2022; Online baskı / Published online: 26.03.2022

İşcan, G., Bektaş-Sarıaltın, E., Soyseven, M., Arlı, G. (2022). Türkiye'de tüketime sunulan tarçın türlerinin anatomik incelenmesi ve kumarin miktarlarının belirlenmesi. *GIDA* (2022) 47 (2) 310-327 doi: 10.15237/gida.GD22014

İşcan, G., Bektaş-Sarıaltın, E., Soyseven, M., Arlı, G. (2022). Anatomical examination and quantitative determination of coumarin content in cinnamon species available in Turkish markets. *GIDA* (2022) 47 (2) 310-327 doi: 10.15237/gida.GD22014

ÖZ

Tarçın, bazı *Cinnamomum* (*Lauraceae*) türlerinin gövde kabuklarından elde edilen dünyanın en eski ve sık tüketilen baharatlarından biridir. 250'nin üzerinde *Cinnamomum* türünden kültüre alınan ve ticareti yapılanlar *Cinnamomum verum* (Seylan), *C. cassia* (Çin), *C. burmanni* (Endonezya) ve *C. loureiroi* (Vietnam)'dir. Toz edilmiş kabukların birbirlerinden ayrılması yalnızca anatomik, morfolojik, kromatografik ve spektroskopik yöntemler ile mümkündür. Tarçın ve uçucu yağı eşsiz aromasıyla gıda, kozmetik ve ilaç sanayiinde geniş kullanıma sahiptir. Son yıllarda tıbbi amaçlarla kullanılan, özellikle diyabet hastalarına önerilen tarçının bazı türleri antikoagülan ve hepatotoksik özellikte, "kumarin" bileşimini yüksek miktarlarda taşımaktadır. Çalışmamızda ülkemizin çeşitli illerinde satışa sunulmuş 23 adet kabuk örneği anatomik-morfolojik olarak incelenmiş, bazı örneklerin uçucu yağ kompozisyonu Gaz Kromatografisi ve Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi sistemleri ile belirlenmiştir. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile tüm örneklerin taşıdıkları kumarin miktarı ortaya konmuştur. Ülkemiz piyasasından temin edilen 23 tarçın örneğinin 22'sinin "cassia tip" tarçın olduğu, kumarin miktarlarının 0.042 ile 12.8 mg/gr aralığında değiştiği saptanmıştır.

Anahtar sözcükler: *Cinnamomum* sp., *Cinnamomum verum*, tarçın, cassia, YPSK, uçucu yağ, kumarin

ANATOMICAL EXAMINATION AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF COUMARIN CONTENT IN CINNAMON SPECIES AVAILABLE IN TURKISH MARKETS

ABSTRACT

Cinnamon is one of the oldest and extensively consumed seasoning obtained from the barks of some *Cinnamomum* (*Lauraceae*) species. Although over the 250 *Cinnamomum* species are known, *Cinnamomum*

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉: giscan@anadolu.edu.tr

☎: (+90) 222 335 0580-3709

☎: (+90) 222 335 0750

Gökalp İşcan; ORCID no: 0000-0003-1210-0490

Esra Bektaş Sarıaltın; ORCID no: 0000-0003-4250-5894

Murat Soyseven; ORCID no: 0000-0002-6433-2392

Göksel Arlı; ORCID no: 0000-0003-2559-1196

verum (Ceylon), *C. cassia* (Chinese), *C. burmanni* (Indonesian) and *C. loureiroi* (Vietnamese) are widely cultivated and traded. Differentiation of powdered barks is only possible with anatomical, morphological, chromatographic and spectroscopic analysis. Cinnamon and its essential oil are widely used in food, cosmetic and pharmaceutical industries due to its unique aroma. Some types of cinnamon, which has been recommended for diabetics, contain high amounts of anticoagulant and hepatotoxic "coumarin" compound. In this study, 23 cinnamon samples were examined anatomically and morphologically. Main compounds of obtained essential oils were analysed by Gas Chromatography and Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Coumarin contents were determined by High-performance Liquid Chromatography. Except for one sample, all defined as "cassia". Coumarin was found in concentrations ranging from 0.042 to 128 mg/gr.

Keywords: *Cinnamomum sp.*, *Cinnamomum verum*, cinnamon, cassia, HPLC, essential oil, coumarin

GİRİŞ

Tarçın, bazı *Cinnamomum* Schaeff. (*Lauraceae*) türlerine ait ağaç ve çalı formundaki bitkilerin kurutulmuş iç gövde kabuklarından elde edilen, karakteristik kokuya sahip dünyanın en eski ve sık tüketilen baharatlarından biridir (Baruah ve Nath, 2004; Gürson ve Özçelikay, 2005; Barceloux, 2009; Blahove ve Svobodova, 2012; Rao ve Gan, 2014). Tarçın antik çağlardan beri tat ve koku verici olarak kullanılmasının yanı sıra kabuk tozu, infüzyonu veya distilasyonla elde edilen sudan ağır uçucu yağı ayrı ayrı tıbbi amaçlarla kullanılmıştır. Tarçının gövde kabukları yanında yaprakları, çiçekleri, meyveleri ve kökleri de uçucu yağ ve ekstrelerin hazırlanmasında kullanılmıştır (Ranasinghe vd., 2013; Singh vd., 2021). Günümüzde tarçın üretimi en çok Sri Lanka, Çin, Vietnam, Hindistan, Laos, Endonezya, Seyşel Adaları ve Madagaskar'da yapılmaktadır (Ravindran vd., 2004).

Cinnamomum genusuna ait 250'den fazla tür olmasına rağmen günümüzde üretimi yapılan ve ticari olarak önem taşıyan başlıca dört türü öne çıkmaktadır. Ekonomik açıdan değerli bu tarçın türleri, *Cinnamomum verum* J. Presl (sin.; *Cinnamomum zeylanicum* Blume, Seylan tarçını, Gerçek tarçın), *Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl (Çin tarçını), *Cinnamomum burmanni* (Nees & T. Nees) Blume (Burma tarçını, Endonezya tarçını) ve taksonomik olarak şüpheli bir tür olan *Cinnamomum loureiroi* Nees (Vietnam veya Saygon tarçını)'dir (Barceloux, 2009; Chen vd., 2014; de Kok., 2019). Hint tarçını olarak isimlendirilen *Cinnamomum tamala* (Buch.-Ham.) T. Nees Eberm. yine ticareti yapılan tarçın türlerinden biridir (Upadhyay, 2017).

C. verum'dan elde edilen tarçın (Seylan tarçını) Avrupa Farmakopesi'ne (Anonymous, 2014) göre ofisinal kabul edilen yüksek ekonomik değere sahip türdür. Yumuşak, ince kabuklu, şekerli tada sahip, kolay ufalanabilir çubuklardan oluşur (Ravindran vd., 2004). "Gerçek tarçın" olarak anılan bu türün dışındaki diğer tüm tarçın çeşitleri "Cassia tip" olarak sınıflandırılmaktadır. FDA farklı olarak Çin ve Endonezya tiplerini, cassia tipi olarak kabul etmeyip, *C. verum* ile birlikte "tarçın" olarak sınıflandırmaktadır. Bu türlerden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimleri, Seylan tarçınına göre bir miktar farklılık göstermekle birlikte anatomik özellikleri bakımından büyük farklılık gösterirler (Kawatra ve Rajagolapan., 2015; Ford vd., 2019; Andini vd., 2020).

Yapılan kapsamlı araştırmalar, Seylan ve Çin tarçınının antioksidan, antimikrobiyal, antipiretik, antiülseratif, antialerjik, antitümör, antidiyabetik, vazodilatör, antitrombotik, antilipidemik ve antiinflamatuvar etkileri dâhil olmak üzere çok sayıda farmakolojik aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir (Barceloux, 2009; Gruenwald, 2010; Femine vd., 2018; Thomas ve Kuruvilla, 2012). Son yıllarda, diyabete karşı tarçının toz halde tüketimi sıklıkla önerilmektedir (Cao vd., 2007; Bingöl ve Akbulut., 2012; Femine vd., 2018). Bu etkinin tarçın kabuklarında bulunan proantosiyanidinler (kateşin, epikateşin ve prosiyanidin B2) ve uçucu yağın ana bileşeni olan sinnamik aldehitten (sinamaldehyd) ileri geldiği düşünülmektedir (Babu vd., 2007; Peng vd., 2010; Anonymous, 2011; Wang vd., 2013). Yapılan çok sayıda çalışmada, Seylan tarçını dışındaki cassia tip tarçın kabuklarında yüksek ve değişen oranlarda kumarin isimli lakton bileşiği rapor edilmiştir. Kumarinler, mekanizması henüz açıkça

anlaşılmamış olan antikoagülan, kanserojen ve hepatotoksik etkiler gösteren fitokimyasallardır (Abraham vd., 2010). Diyetteki ana kumarin kaynaklarından en önemlisi tarçın kabul edilmektedir. Seylan tarçınında eser miktarda saptanan kumarinin, “cassia tipi” tarçınlarda çoğunlukla kabul edilebilir sınırların ötesinde olduğu birçok çalışmalarla gösterilmiştir (Femine vd., 2018; Miller vd., 1995; Lungarini, 2008; Blahove ve Svoboda, 2012; Wang vd., 2013; Ballin ve Sørensen 2014). Bu bileşik özellikle Vietnam (Saygon) tarçını olarak isimlendirilen tipte yüksek olmakla birlikte, Çin tarçını (*C. cassia*) ve diğer cassia tipi tarçınlarda da yüksek orandadır. Yapılan bazı araştırmalarda aynı ağaca ait kabukların farklı kısımlarında bile değişen seviyelerde kumarin tespit edilmiştir (Woehrlin vd., 2010). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) (Anonymous, 2008) tarafından kumarin için yapılan değerlendirmede günlük tolere edilebilir doz (TDI) 0,1 mg/kg (vücut ağırlığı) olarak belirlenmiştir. Bu hesaba göre 60 kilogramlık bir birey için günlük alınabilecek güvenli kumarin miktarı en çok 6 mg olup, bunun üzerindeki dozlarda uzun süreli düzenli kullanımın riskli olabileceği kabul edilmektedir.

Piyasada özellikle toz edilmiş “Cassia tipi” tarçınlar başta olmak üzere, kabukların yalnızca organoleptik ve makroskobik özellikleri incelenerek hangi türden elde edildiğinin saptanması genellikle mümkün değildir. Pek çok araştırmacı yeni yöntemler geliştirerek piyasadaki tarçınların ayırımı ile ilgili çalışmalar ortaya koymaktadır. Tarçın çeşitlerinin ayırımında ve kalite kontrolünde genellikle makroskobik ve mikroskobik incelemeler, genetik parmak izi analizleri, kromatografik ve spektroskopik yöntemler kullanılmaktadır (Chen vd., 2014; Jeremic vd., 2019; Ford vd., 2019).

Bu çalışmada ülkemizin çeşitli vilayetlerinde satışı sunulan tarçın kabuklarının (Cinnamomi cortex) Avrupa Farmakopesi (Anonymous, 2014) ile Avrupa Farmakopesi adaptasyonu olan Türk Farmakopesi’nde (Anonymous, 2016) tarif edilen yöntemlere göre makroskobik ve mikroskobik incelemeleri yapılmıştır. Morfolojik olarak birbirine benzer örnekler gruplandırılmış, buna

göre seçilen bazı örneklerin uçucu yağları elde edilerek ana bileşenleri ve rölatif miktarları gaz kromatografisi ve gaz kromatografisi/kütle spektrometresi ile belirlenmiştir. Tarçın kabuklarından hazırlanan etanol ekstraktları ile kabukların taşıdıkları kumarin miktarları kantitatif olarak YPSK (yüksek-performanslı sıvı kromatografisi) ile belirlenmiştir. Ayrıca tarçın kabuklarının farklı şekillerde halk arasında kullanılması göz önüne alınarak, kabuklardan sıcak su ile demleme şeklinde hazırlanan %5’lik infüzyonda ve soğuk içeceklere bütün halde atılmak suretiyle aromatan olarak kullanılan kabuklardan soğuk suya geçen kumarin miktarları da ayrıca belirlenmiştir. Bu çalışma, ülkemizde çeşitli şekillerde tüketilen tarçın ismiyle piyasada yer alan kabukların orijinlerinin belirlenmesi ve bileşimlerdeki kumarin miktarlarının ortaya konması bakımından ülkemizdeki ilk kapsamlı çalışmadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitkisel Materyal

Mart-Aralık 2018 tarihleri arasında 16 farklı ildeki (Adıyaman, Ağrı, Antalya, Edirne, Eskişehir, Gaziantep, Iğdır, Isparta, İstanbul, Kars, Manisa, Ordu, Sakarya, Sivas, Şanlıurfa, Trabzon) lokal marketlerden ve 2 farklı internet alışveriş sitesinden toplam 23 adet tarçın örneği temin edilmiştir. Standart sertifikalı Seylan tarçını örneği de Almanya’dan (Gewurzkontor-Munchen, Almanya) satın alınmıştır. Çalışmada kullanılan kabuk örnekleri tam çubuk rulolar veya kırılmış kabuk parçaları halindedir. Tarçın örnekleri laboratuvara ulaştığında numaralandırılarak çalışma süresince kilitli plastik torbalarda kuru, serin ve karanlıkta muhafaza edilmiştir. Şekil 1’de renk, kabuk kalınlığı, tekstür, kırılabilirlik gibi morfolojik özellikleri yanında mikroskobik karakterlerinin literatür verileri ile kıyaslanarak gruplandırılmış (Seylan, Çin, Burma, Vietnam, Tip-1 ve Tip-2) örnekleri temsilen birer adet fotoğrafları verilmiştir.

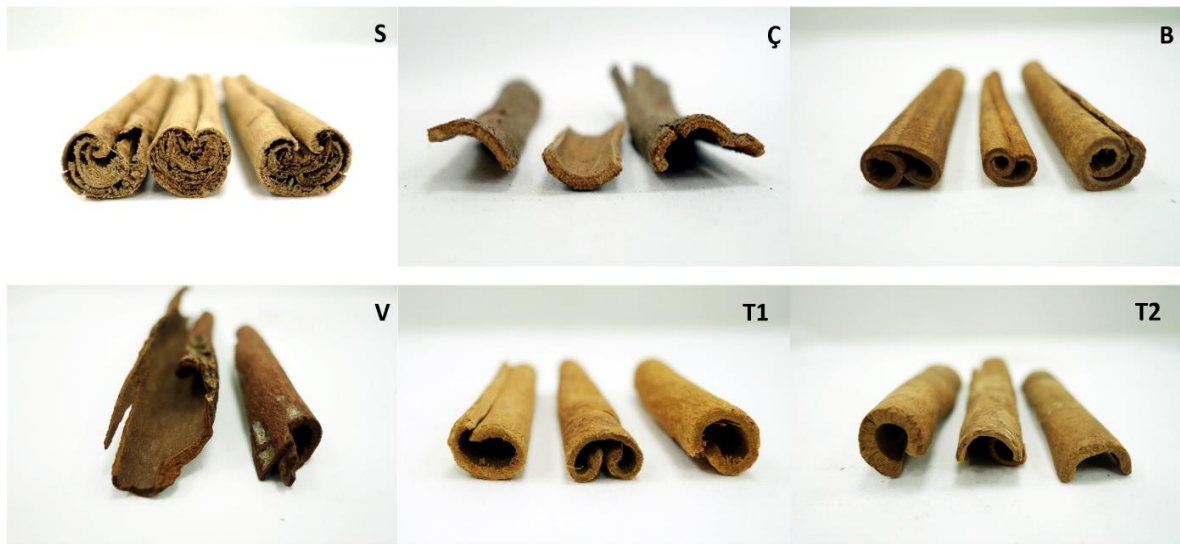
Mikroskobik inceleme

Toz hale getirilen örnekler, lam lamel arasında kloralhidrat reaktifi ile ısıtılmış, soğuduktan sonra ışık mikroskobunda (x40) incelenmiştir. Bazı kristallerin detaylı yapısının fotoğraflanabilmesi

için immersiyon yağı kullanılarak x100 büyütme objektiften faydalanılmıştır. Nişasta yoğunluğunun tespiti ve ölçümü için ayrıca iyot çözeltisi (0,005M) ve %50 gliserol çözeltisi ile preparatlar hazırlanmıştır. Mikroskopik görüntüler Leica DM750 binoküler ışık mikroskobuna entegre ICC50 HD kamera ile kaydedilmiştir. İncelemede tarçın türlerinin mikroskopik ayrımında önemli karakterler olan sklerenkima lifleri, nişasta taneleri, kalsiyum oksalat kristalleri ve mantar hücreleri dikkate alınmıştır (Ford vd., 2019; Anonymous, 2016). Toz drogların ayrımında

kullanılan bazı önemli yapıların boyutları, mikrometrik lam ve görüntüleme programı ile ölçülmüştür (İşcan vd., 2019, Anonymous 2016; Rahfeld, 2009).

Ford vd. (2019) yaptıkları çalışmada dünya piyasasına hâkim 4 tarçın örneğini morfolojik karakterlerine göre ayırmış olup, örneklerin analizinde Avrupa Farmakopesi yanında bu çalışma dikkate alınarak tanımlama yapılmıştır (Çizelge 1).



Şekil 1. Tarçın örnekleri (S: Seylan, Ç: Çin, B: Burma, V: Saygon, T1: Tip 1, T2: Tip 2)
Figure 1. Cinnamon samples (S: Ceylon, Ç: Cassia, B: Burma, V: Saigon, T1: Type 1, T2: Type 2)

Çizelge 1. Ticarete yer alan tarçın türlerinin mikroskopik karakterleri, Ford vd. (2019)
Table 1. Microscopic characters of commercial cinnamon species, Ford et al. (2019)

Karakter Characteristic	<i>C. verum</i>	<i>C. cassia</i>	<i>C. burmanni</i>	<i>C. loureiroi</i>
Kristaller Crystals	İğnemsisi Acicular	İğnemsisi Acicular	Kübik, dörtgen, yassı Cubic, rectangular, tabular	Kübik Cubic
Nişasta Starch granules	Nadiren >10µm Rarely >10 µm	Genellikle >10 µm Usually >10 µm	10-20	10-20
Lifler Fibers	30 µm'ye kadar Up to 30 µm	40 µm'ye kadar Up to 40 µm	20-30 µm	30-50 µm
Mantar Cork fragments	Nadiren Rarely	Bol miktarda Abundant	Çok nadir Very rare	Nadiren Rarely

Uçucu Yağ Eldesi

Sudan ağır yağların elde edilebilmesi için Amerikan Farmakopesi (USP 40, NF-35)'ne göre

(Anonymous, 2017) özel üretilmiş distilasyon apareyi (İLDAM) kullanılmıştır. Anatomik ve morfolojik değerlendirme sonucu farklı gruplara

ayrılan tarçın örneklerini temsilen seçilen kabukların uçucu yağları elde edilmiştir. 30 g kaba toz haline getirilmiş kuru drog 1 L'lik balona doldurulduktan sonra üzerine 500 mL distile su ilave edilmiştir. 3 saat süre ile distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda apareyin soğuması beklenmiştir. Susuz sodyum sülfattan geçirilen yağ analiz için +4°C'de kehribar renkli şişelerde, muhafaza edilmiştir.

Uçucu Yağ Analizi

Uçucu yağlardan 3 mg/mL derişimde *n*-hekzan içinde hazırlanan numuneler, Gaz Kromatografisi-Alev İyonlaşma Detektörü (GK-AİD) ve Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi (GK/KS) sistemleri ile analiz edilmiştir. GK/KS sistemi ile yapılan analizlerde ana bileşenler (>%0,1) Wiley ve MassFinder Kütüphane Tarama Yazılımları kullanılarak tespit edilmiştir. GK'ye entegre AİD dedektörlü sistemde analizler tekrarlanarak bileşenlerin bağlı yüzdeleri belirlenmiştir (McLafferty ve Stauffer, 1989; Koenig vd., 2004; Joulain ve Koenig, 1998).

GK-AİD Analiz Koşulları:

Shimadzu GC 2010 sistemi kullanılmıştır. Alev iyonlaşma detektörü (AİD) sıcaklığı 250°C dir. GK/KS sistemi ile uyumlu tutunma zamanları elde edilebilmesi için 25 m x 0,25 mm Ø, 0,25 mm film kalınlığında CPSil-5CB kullanılmış ve aşağıda verilen sıcaklık programı uygulanmıştır.

GK/KS Analiz Koşulları:

GK/KS analizlerinde Shimadzu QP2010 Plus sistemi kullanılmıştır. GK sisteminde kullanılan kolonun aynısı ile taşıyıcı gaz akış hızı 1 mL/dak. olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklık programı, 60°C'de 10 dak, 4°C/dak artışla 260°C'ye, 260°C'de 5 dak.'dır. Split oranı 50:1'dir. Enjeksiyon portu sıcaklığı 260°C olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrumları (MS) 70 eV elektron enerjisi uygulanarak ve m/z 35-450 kütle aralığında alınmıştır.

Ekstrelerin Hazırlanması

Çelik öğütücüde, materyalin ısınmasına izin vermeden kısa sürede toz hale getirilen tüm kabuk örneklerinden 1 gr tam olarak tartılmış, üzerine 10 ml >%99 etanol ilave edilip 30 sn vorteks ile

çalkalanmıştır. Ardından oda sıcaklığında 10 dk ultrasonik banyoda tutulmuş ve pamuktan süzülerek kapaklı falkon tüplerine aktarılmıştır. Tüm test çözeltilerinden 1 mL alınarak 0,45 µm membran filtreden süzülükten sonra YPSK sistemi ile analiz edilmiştir (Blahove ve Svobodova, 2012; Wang vd., 2013; Ballin ve Sørensen, 2014).

Miktar tayini sonuçlarına göre en yüksek kumarin taşıyan örnekten %5'lik soğuk ve sıcak su ekstraları (infüzyon/demleme) hazırlanmıştır. Bu amaçla, kaba toz edilmiş 0.5 gr drog üzerine 10 ml soğuk su eklenmiş 1 dk vortekste çalkalanmış ve 30 dk oda sıcaklığında bekletildikten sonra süzülerek falkon tüpüne alınmıştır. Yine aynı numuneden 0.5 gr tartılarak üzerine 80°C sıcaklıkta 10 ml su eklenmiş 10 dk demlendikten sonra süzümüştür. Soğuk su ekstresi ve sıcak su ile hazırlanan %5'lik infüzyon 0,45 µm membran filtreden geçirildikten sonra YPSK sistemi ile analiz edilmiştir.

Kumarin Miktar Tayini

YPSK-PDA metodunun optimizasyon çalışmaları süresince 25 ppm konsantrasyonuna sahip kumarin standart çözeltisi kullanılmıştır. Farklı yüzdeye sahip mobil faz içerikleri denendikten sonra, düşük viskoziteye sahip olması, iyi bir ayırma verimliliğine sahip olmasının yanı sıra düşük sistem basıncı oluşturması gibi avantajlarından dolayı (Su:ACN) (40:60) oranına sahip mobil faz seçilmiştir ve iyi bir ayırmanın gerçekleştiği raporlanmıştır. Kuyruklanma faktörü, rezolüsyon, kapasite faktörü, asimetri faktörü ve teorik tabaka sayısı parametrelerini içeren sistem uygunluk testi (SUT) sonuçları Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi analizi, Shimadzu, Nexera – i LC-2040C 3D Model (Japan) sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz koşulları Çizelge 3.'de verilmiştir. Belirlenen analitik koşullar altında YPSK-PDA metodu için validasyon işlemleri ICH (International Conference on Harmonization Guidelines) Uluslararası Uyumlaştırma Yönergeleri Konferansı'na ICH Q2(R1) göre gerçekleştirilmiştir (Anonymus, 2005).

Çizelge 2. Sistem uygunluk testi sonuçları (n=5)
Table 2. System suitability testing results (n=5)

Parametre / Parameter	Gözlenen değer / Observed value	Önerilen değer / Recommended value
Alıkonma zamanı (dk) / Retention time (min)	10.02	----
Kuyruklanma faktörü (T) / Tailing Factor (T)	0.994	T < 2.00
Rezolüsyon (R _s) / Resolution (R _s)	29.05	R _s > 2.00
Kapasite faktörü (k') / Capacity factor (k')	2.64	k' > 2.00
Asimetri faktörü (A _s) / Asymmetry factor (A _s)	1.01	A _s = 0.95-1.20
Teorik plaka sayısı (N) / Theoretical plate number (N)	13854	N > 2000
Alıkonma zamanının (%BSS) / %RSD of Retention time	<1.0	RSD% < 1.0

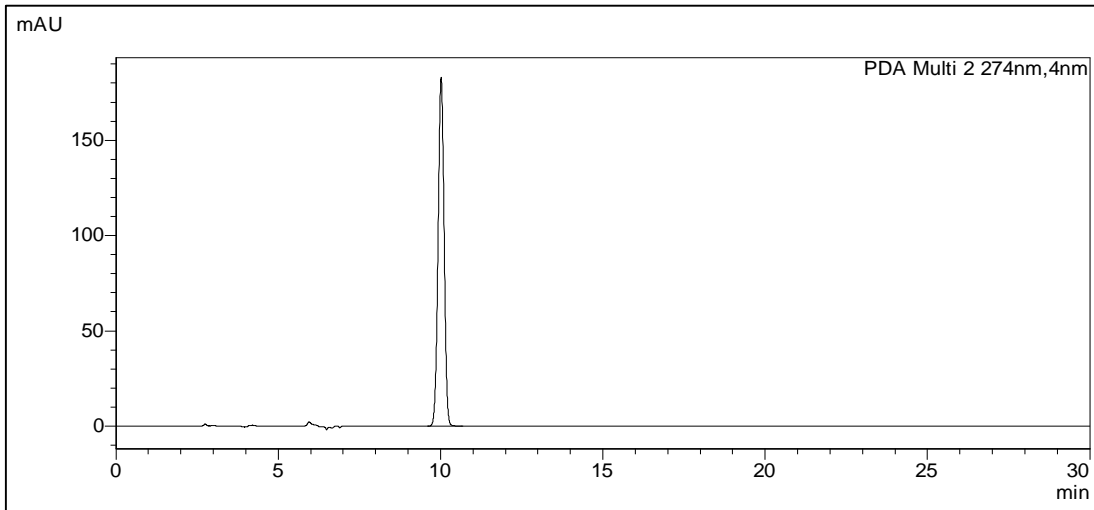
Çizelge 3. YPSK-PDA sistemi analiz koşulları
Table 3. Applied HPLC-PDA Chromatographic conditions

Dedektör / Detector	Ultraviyole – Foto Diyot Dizisi / Ultraviolet-Diode Array Detection
Mobil faz / Mobile phase	Su:Asetonitril (40:60, b/b) / Water:Acetonitrile (40:60, v/v)
Dalga boyu / Wavelength	274 nm
Kolon / Column	Restek Raptor™ C18 (5 µm, 200 × 4,6 mm)
Akış hızı / Flow rate	0,4 mL dk ⁻¹ (mL min ⁻¹)
Kolon Sıcaklığı / Column temperature	25 °C
Enjeksiyon hacmi / Injection volume	10 µL
Analiz süresi / Analysis time	30 dk / 30 min

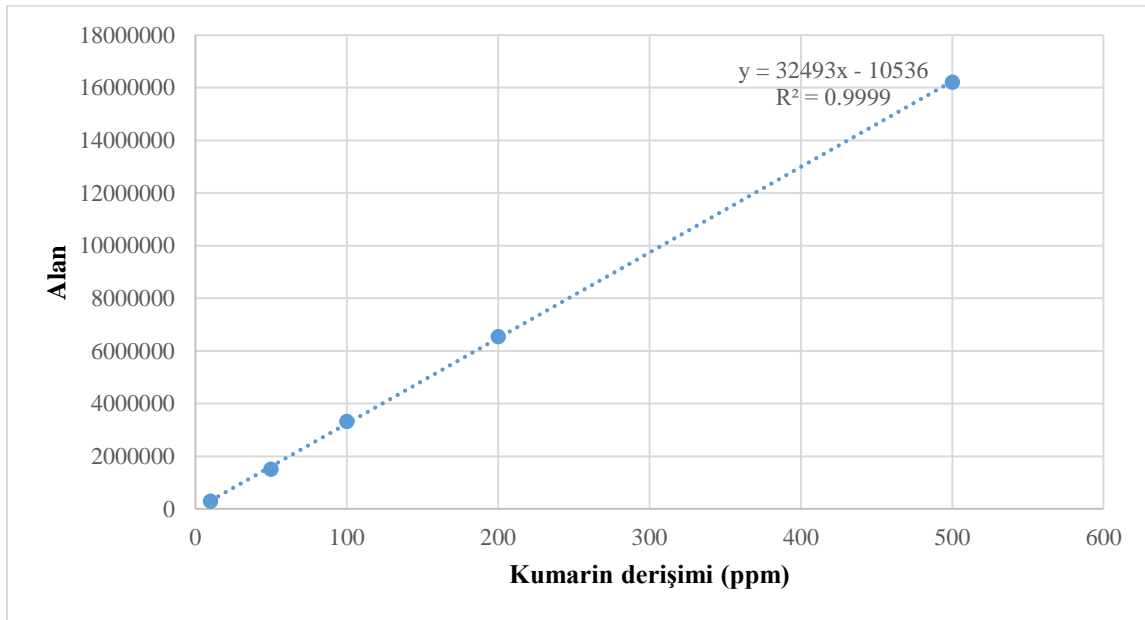
Doğrusallık

Standart kumarinin (Sigma-Aldrich) 10-500 ppm (10, 50, 100, 200 ve 500 ppm) arasındaki konsantrasyonlarda çözeltileri taze olarak hazırlanmış, saflık kontrolü yapılmıştır (Şekil 2). Yapılan doğrusallık çalışmaları 3'er tekrarlı olacak

şekilde yapılarak kantitatif tayinde kullanılacak kalibrasyon grafiği Şekil 3.'de gösterildiği gibi elde edilmiştir. Kumarin için elde edilen regresyon denklemi, analizi yapılan aralık içerisinde iyi bir doğrusal ilişki (R² = 0.9999) göstermiştir.



Şekil 2. Kumarin standart kromatogramı (YPSK)
Figure 2. Standard coumarin chromatogram (HPLC)



Şekil 3. Kumarine ait kalibrasyon grafiği

Figure 3. Calibration curve of coumarin

LOD, LOQ ve Geri kazanım

Kumarin miktarının en düşük olduğu toz hale getirilmiş standart Seylan tarçını numunesine 100 ppm kumarin çözeltisi (etanolda) pipetlenmiştir. Çift tekrar olacak şekilde Etanol ile yukarıda anlatıldığı şekilde ekstre edilerek hazırlanan örnekte yapılan analiz ile geri kazanım oranı %105 olarak belirlenmiştir. Yine benzer şekilde kumarin miktarı en düşük bulunan 1 nolu tarçın numunesinden hazırlanan %5'lik soğuk ve sıcak sulu infüzyonlarında da benzer şekilde geri kazanım çalışması yapılarak sırasıyla %86 ve %89 olarak bulunmuştur.

LOD, bir hedef bileşimin gözlenebilen en düşük konsantrasyonunu ifade eder. LOQ ise uygun

kesinlik ve doğrulukla belirlenen en düşük analiz seviyesidir. LOD ve LOQ, elde edilen regresyon çizgisinden hesaplanmıştır. LOD (σ/m) oranının 3,3 LOQ ise (σ/m) oranının 10 katı olarak hesaplanmıştır. "m" kalibrasyon eğrisinin eğimini, " σ ", regresyon doğrularının y- eksenini kesme noktalarının standart sapması kullanılarak hesaplanmıştır. Doğruluk ve kesinlik değerleri için geri kazanım ve gün-içi ve günler arası değerlerinden elde edilen sonuçlardan hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4'te gösterilmiştir. Buna ek olarak uygulanan yöntemin yapılan küçük değişikliklerden etkilenmediği de belirlenmiştir.

Çizelge 4. Elde edilen LOD ve LOQ sonuçları

Table 4. Obtained LOD and LOQ results

Parametre	1. gün	2. gün	3. gün
Slope	32493	32476	32412
R ²	0.9999	0.9999	0.9999
SD	96.46	77.50	63.90
LOQ (ppm)	0.4702	0.4626	0.4672
LOD (ppm)	0.1425	0.1402	0.1416

Çalışma aralığı: 10-500 ppm

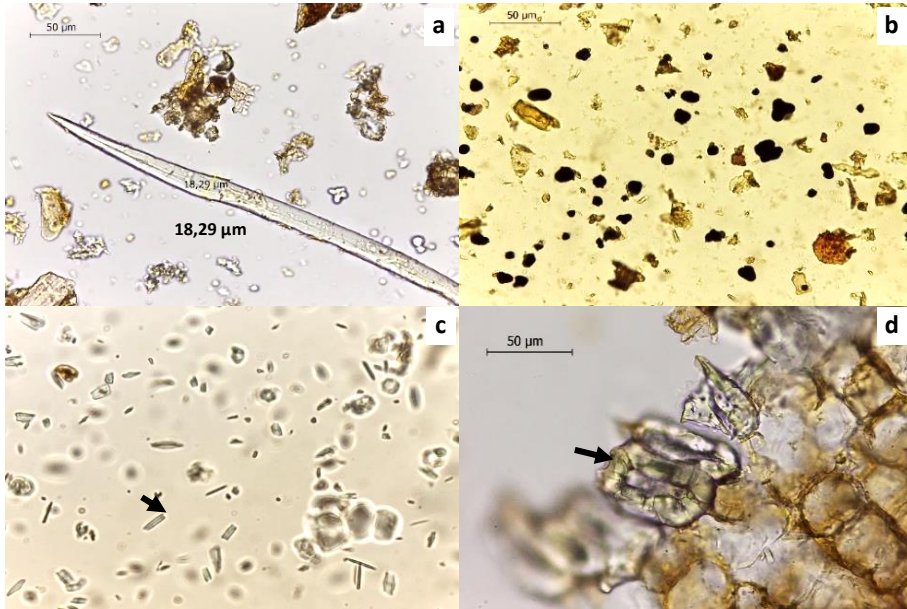
YPSK sisteminde tanımlanabilir en küçük miktar (LOD) 0.1425 ppm olarak hesaplanmıştır. Bulgularda verilen değerler geri kazanım oranlarına göre hesaplanarak, 1 gram tarçın kabuğundaki kumarin miktarı olarak sunulmuştur. Kromatogramlarda herhangi bir girişim gözlemlenmemiştir ve ayırımlar başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE YORUMLAR

Mikroskopik İnceleme

Yapılan incelemelerde makroskopik olarak da kolayca doğrulanan Seylan tarçını örneklerinin

mikroskopik incelenmesinde 10 µm'yi geçmeyen ebatlarda bol miktarda nişasta tanesi ile 15-30 µm eninde çok miktarda ince-uzun sklerenkima lifi gözlenmektedir. Uçucu bileşikleri taşıyan salgı hücreleri ve taş hücreleri mevcut olup, mantar elemanları yoktur. Avrupa Farmakopesi (Anonymous, 2014) ve adaptasyonu olan Türk Farmakopesi (Anonymous, 2016) "Seylan Tarçını" monografındaki mikroskopik özellikler kısmında tarif edilen karakterleri tümüyle karşıladığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. *C. verum* (x40). Sklerenkima lifi(a), nişasta (b), iğnemsî kristaller (c), taş hücreleri (d)

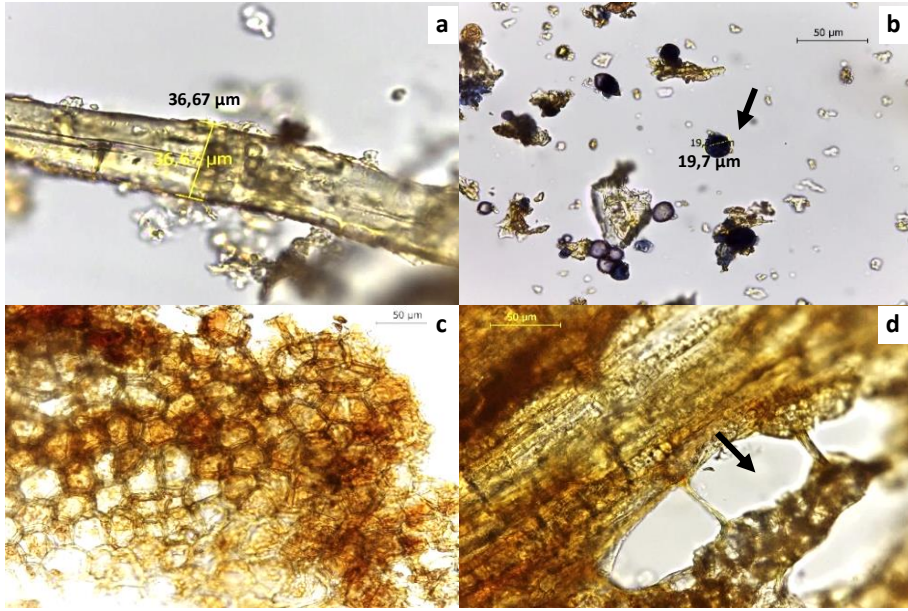
Figure 4. *C. verum* (x40). Fibers(a), starch granules(b), acicular crystals(c), rounded sclereids(d)

Makroskopik olarak mantar dokusuna sahip düzensiz kırık parçalardan oluşan Çin tarçını örneğinde ise nişasta tanelerinin çapları 10 µm'den büyüktür. Seylan tarçınına göre nispeten az sayıda olan ve genişlikleri 25-40 µm aralığında değişen kısa ve kalın liflere rastlanmıştır. Mantar parçaları bol miktarda olup, iğne şeklindeki kristaller çok nadirdir (Şekil 5).

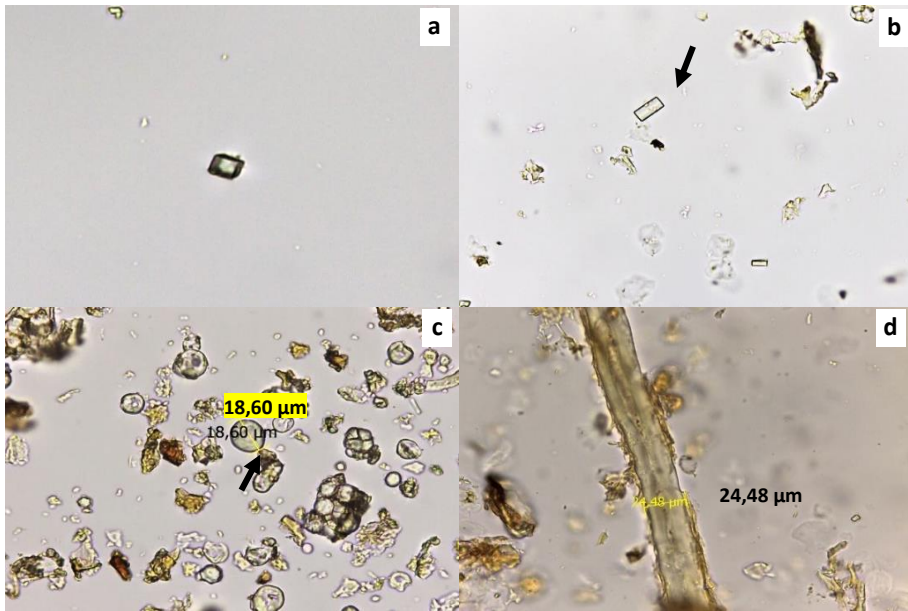
Ayırımı mikroskopik olarak kolaylıkla yapılabilen bu iki tür dışında diğer örneklerin anatomik ve morfolojik olarak oldukça farklı karakterler gösterdiği saptanmıştır. Nişasta, kristal ve lif özelliklerine göre literatür verileri ile

karşılaştırılarak çeşitleri saptanmaya çalışılmıştır. *C. burmanni* (Şekil 6.) ve *C. loureiroi* (Şekil 7.) türleri yapılmış benzer çalışmalardan dolayı mikroskopik olarak ayırt edilebilmiştir (Jeremic vd., 2019; Ford vd., 2019).

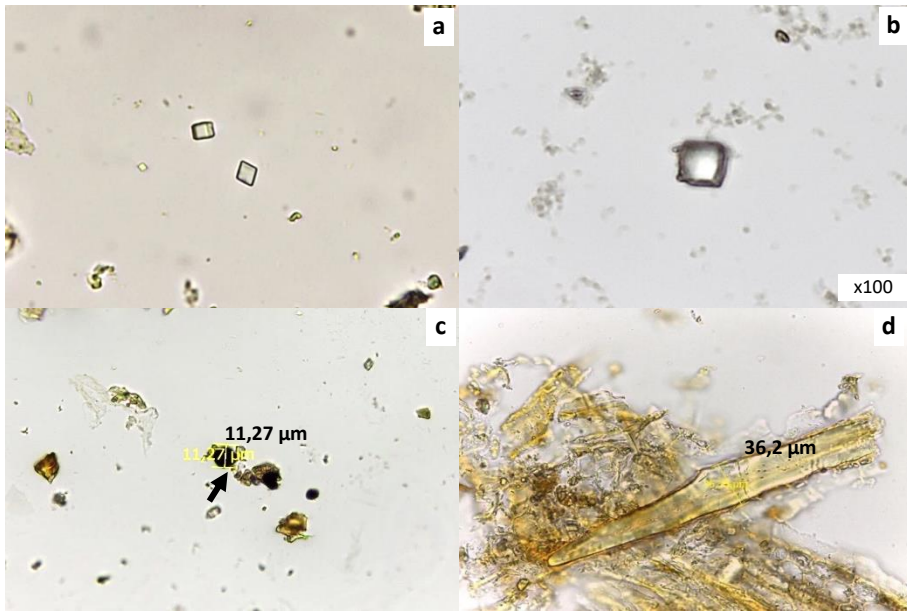
C. loureiroi olarak saptanan örnek, diğer tüm örneklerden farklı olarak çok koyu renkte olup, alışılmış tarçın rulolarından farklı, büyük ebatlarda kıvrık ve sert yapılı parçalar halindedir. Mikroskopisinde uzun lifleri (>30 µm) ve taşıdığı yalnızca küp ve kare şeklindeki kristaller ile Ford vd. (2019)'lerinin yaptıkları çalışmaya göre *Cinnamomum loureiroi* "Vietnam tarçını" profilini karşıladığı düşünülmektedir.



Şekil 5. *C. cassia* (x40). Sklerenkima lifi (a), nişasta (b), mantar (c); salgı hücreleri (d)
Figure 5. *C. cassia* (x40). Fiber (a), starch granules (b), cork fragments (c), glandular cells (d)



Şekil 6. *C. burmanni* (x40). Kübik, yassı ve dörtgen kristaller (a, b), nişasta (c), sklerenkima lifi (d)
Figure 6. *C. burmanni* (x40). Cubic, rectangular, tabular crystals (a, b), starch granules (c), fiber (d)



Şekil 7. *C. loureiroi* (x40). Kare ve kübik şekilli kristaller (a, b), nişasta (c), sklerenkima lifi (d)
Figure 7. *C. loureiroi* (x40). Cubic and square shaped crystals (a, b), starch granules (c), fiber (d)

Yapılan incelemelerde Cassia tip kabuklarda dış morfolojik özellikler ile, mikroskobik karakterizasyon arasında tam bir paralellik olmadığı görülmektedir. Yapılan çok sayıda mikroskobik inceleme sonucunda kolayca teşhis edilebilen 4 tarçın türünden farklı olarak

literatürde tarif edilmeyen 2 tip kabuk daha tespit edilmiştir. Ford vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada aktarılan morfolojik ayırım tablosu geliştirilerek bu iki tip tarçın kabuğu da türlerinin ne olduğu belirlenmeksizin ilave edilmiştir (Çizelge 5.).

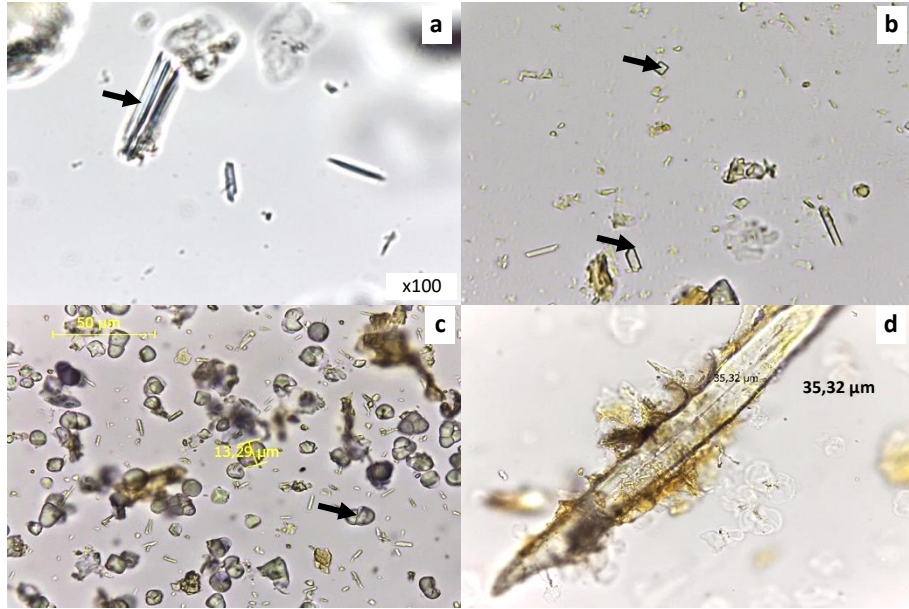
Çizelge 5. Tarçın çeşitleri için mikroskobik karakterler teşhis tablosu

Table 5. Microscopic diagnostic table for cinnamon types

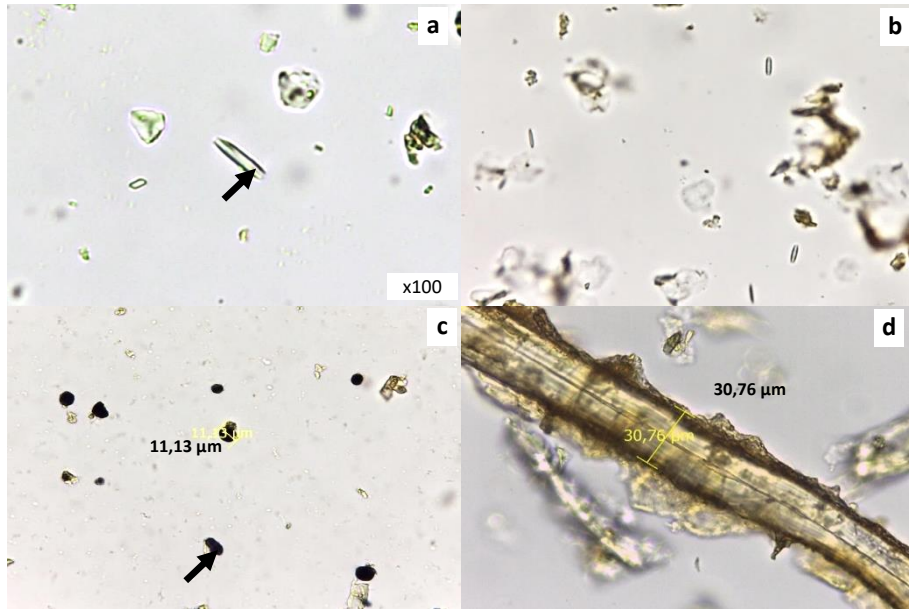
	<i>C. verum</i>	<i>C. cassia</i>	<i>C. burmanni</i>	<i>C. loureiroi</i>	TİP 1/Type 1	TİP 2/Type 2
Kristal <i>Crystals</i>	İğnemsisi <i>Acicular</i>	İğnemsisi <i>Acicular</i>	Kübik, dörtgen, yassı <i>Cubic, rectangular, tabular</i>	Kübik <i>Cubic</i>	İğnemsisi, yassı dörtgen <i>Acicular, tabular, rectangular</i>	Stiloid tip, İğnemsisi <i>Styloid, Acicular</i>
Nişasta <i>Starch</i>	<10 µm	>10 µm	10-20 µm	10-20 µm	10-20 µm	5-15 µm
Lif <i>Fibers</i>	<30 µm	<40 µm	20-30 µm	30-50 µm	<40 µm	<40 µm

Anatomik karakterleri bakımından farklı olan TİP 1 lifli yapıda ve kolayca kırılabilen açık kahverengi kalın nispeten yumuşak rulolar biçimindedir. Bol miktarda bazen demetler halinde iğne şekilli ve dörtgen kristalleri (Şekil 8.) ile aşırı miktarda nişasta içeriği ile incelenen diğer tüm örneklerden farklı olduğu görülmüştür.

“TİP 2” olarak adlandırılan örnekler ise sert yapılı, elde zor kırılan, kahverengi tonlarında kalın rulolar şeklindedir. Dış görünüşü TİP 1 olarak sınıflandırdığımız örneklere birebir benzemesine rağmen, mikroskobisinde nispeten daha küçük (5-15 µm) ve az sayıdaki nişastalar ile stiloid tip prizmatik billurlar (Şekil 9.) ve nadiren iğnemsisi kristallere rastlanmıştır.



Şekil 8. Tip-1(x40). İğnemsiz ve dörtgen kristaller (a, b), nişasta (c), sklerenkima lifi (d)
Figure 8. Type-1(x40). Rectangular and needle shaped crystals (a, b), starch granules (c), fiber (d)



Şekil 9. Tip-2 (x40). Stiloid tip kristaller (a, b), nişasta (c), sklerenkima lifi (d)
Figure 9. Type-2 (x40). Styloid type crystals (a, b), starch granules (c), fiber (d)

Yapılan mikroskopik incelemeler ve literatür verileriyle karşılaştırma sonucunda piyasadan temin edilmiş 23 örneğin 13'ünün Burma (Endonezya), 2 örneğin Çin, 1 örneğin Vietnam, 1 örneğin Seylan tarçını ve 6 örneğin de

tanımlanamayan tiplerde tarçın kabukları olduğu tespit edilmiştir.

Uçucu Yağ Kompozisyonu

Tarçın numunelerinden anatomik olarak ayrımı sağlanmış gruplardan 1'er örneğin

hidrodistilasyonla elde edilen uçucu yağlarının bileşimleri GK-AİD ve GK/KS sistemleri ile belirlenmiş, incelenen farklı türler arasında minör bileşenler bakımından bazı farklılıklar saptanmıştır (Çizelge 6.). Yapılan analizler sonucunda tüm uçucu yağlarda ana bileşenin *trans*-sinnamaldehit (%69-96) olduğu belirlenmiştir. *C. verum* uçucu yağında *trans*-sinnamaldehit %69 oranında olup, diğer tüm türlerin uçucu yağından farklı olarak %7 oranında öjenol saptanmıştır. Ayrıca tarçın yağ standardında olması gereken aralıklarda linalol ve β -Karyofilen de saptanmıştır.

trans-Sinnamaldehit Çin tarçını ve tanımlanamayan tiplerde (Tip 1 ve Tip 2) %90 ve üzerinde saptanırken, *C. burmanni*'de %85 oranındadır. *C. burmanni* olarak tespit edilen numunelerin tümünde %4-6 arasında sinnamil asetat belirlenirken, bu madde diğer tüm tiplerde %2 den küçüktür. Mikroskopik karakterleri ile Vietnam tarçını olduğu düşünülen tek örnekte ise diğer tüm numunelerden farklı olarak eser miktarlarda kamfen, β -pinen, *p*-simen, limonen ve γ -terpinen gibi maddeler saptanmıştır.

Çizelge 6. Test edilen bazı tarçın çeşitlerinin uçucu yağ kompozisyonu
Table 6. Essential oil composition of some tested cinnamon types

Bileşenler %	S	Ç	B	V	T1b	T2c
Kamfen	-	-	-	tr	-	-
β -Pinen	-	-	-	tr	-	-
<i>p</i> -Simen	-	-	-	tr	-	-
Limonene	-	-	0.13	tr	-	-
γ -Terpinen	-	-	-	tr	-	-
Ökaliptol	tr	tr	0.45	1.48	-	-
Fenkon	0.99	0.49	-	-	tr	-
Linalol	1.96	tr	tr	tr	-	-
Kâfur	1.10	0.44	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	0.43	tr	0.16	1.37	-	-
α -Terpineol	0.51	tr	0.48	1.19	-	-
<i>cis</i> -Sinnamaldehit	0.52	0.56	0.69	0.45	0.46	0.41
Karvon	1.26	0.96	tr	-	-	-
<i>trans</i> -Sinnamaldehit	69.28	89.65	82.66	89.95	93.29	96.12
Bornil asetat	-	-	1.19	0.49	-	-
Öjenol	6.71	tr	tr	tr	tr	tr
α -Kopaen	0.23	0.48	0.34	1.1	0.54	0.82
Kumarin	-	tr	0.22	0.46	0.5	tr
β -Karyofilen	3.17	-	0.11	0.18	-	tr
Sinnamil asetat	3.11	-	5.96	2.26	1.02	0.58
Sinnamik asit	-	-	4.13	-	-	-
α -Humulen	0.70	-	-	-	-	-
α -Muurolene	0.08	1.06	tr	-	0.56	0.34
Kadinen	0.15	0.69	-	tr	0.57	0.38
Karyofilen oksit	1.18	-	0.19	-	-	-
Benzil benzoat	3.63	-	-	-	-	-
TOPLAM	95.01	94.33	96.71	98.93	96.94	98.65

S: Seylan, Ç: Çin, B: Burma, V: Saygon, T1b: Tip 1, T2c: Tip 2, tr: eser miktarda (< %0,1), “-“: saptanmadı
S: Ceylon, C: Cassia, B: Burma, V: Saigon, T1b: Type 1, T2c: Type 2, tr: trace (< 0,1%), “-“: undetected

Kumarin Miktar Tayini

Toz edilmiş tarçın kabuklarındaki kumarin miktarları ile, en yüksek kumarin oranına sahip T2c ve en düşük kumarin oranına sahip S kodlu örneklerden hazırlanan infüzyon ve soğuk su ekstratlarında saptanan kumarin miktarları Çizelge 7'de verilmiştir. Biri standart olarak kabul edilen Seylan tarçınına ait iki örnekte bulunan kumarin miktarları 42 ve 73 µg/gr iken, Türkiye piyasasına hâkim olduğu düşünülen Burma tarçınlarında ise kumarin miktarı 45-4340 µg/gr aralığında bulunmuştur. Tam olarak orijinleri saptanamayan

Tip 1 ve 2 olarak kodlanan örneklerde kumarin konsantrasyonu ise 2.052-12.760 µg/gr aralığında saptanmıştır. Analize ait örnek bir kromatogram Şekil 10'da sunulmuştur. 12.760 µg/gr kumarin saptanan örnekten (T2c) hazırlanan %5'lik infüzyon ve soğuk su ekstratında da kumarin oranları sırasıyla 73 ve 61 ppm olarak saptanmış, standart örnek (S) olarak kullanılan *C. verum*'ün ekstratlarında ise kumarin miktarı ölçülebilir miktarda bulunmuştur. Sıcak ve soğuk su ekstratlarındaki miktar tayini sonuçları Çizelge 7'de parantez içinde verilmiştir.

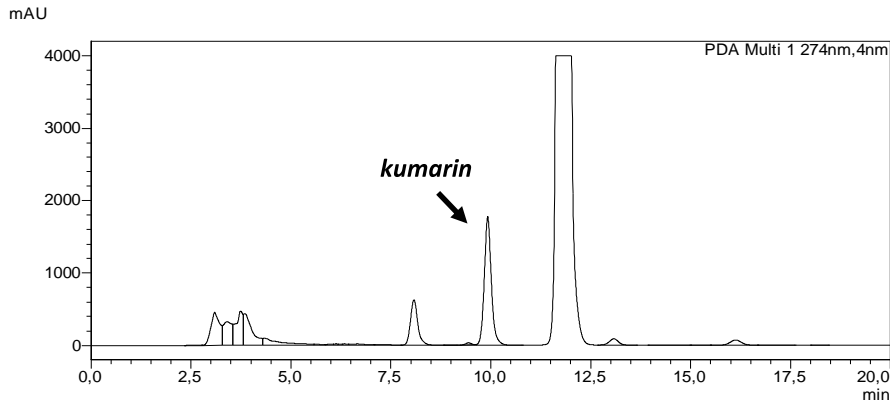
Çizelge 7. Örneklerdeki kumarin içerikleri (µg/gr)

Table 7. Coumarin contents in samples (µg/gr)

Numune Sample	Kumarin Coumarin	Numune Sample	Kumarin Coumarin
S ^a	42 (<LOD ^b)	B2	1460
S	73	B3	1010
Ç1	266	B4	75
Ç2	619	B5	638
V	6700	B6	59
T1a	6417	B7	1399
T1b	5807	B8	1107
T1c	4083	B9	45
T2a	2052	B10	1588
T2b	3766	B11	4340
T2c	12760 (73 ppm ^c /61 ppm ^d)	B12	63
B1	535	B13	2568

S: Seylan, B: Burma, Ç: Çin, V: Vietnam, T1: Tip-1, T2: Tip-2, <LOD: Tayin edilebilir limitin altında (<0.1425 ppm), ^a Standart örnek; ^b : İnfüzyon ve soğuk su ekstratındaki miktar ^c : İnfüzyondaki miktar ^d: Soğuk su ekstratındaki miktar

S: Ceylon, B: Burma, Ç: Chinese, V: Vietnam, T1: Type-1, T2: Type-2, <LOD: Lower than limit of detection (<0.1425 ppm), ^a standardized sample; ^b : Amount in Infusion and aqueous extract ^c: Amount in infusion ^d: Amount in cold water extract



Şekil 10. HPLC-PDA ile elde edilen T1a numune kromatogramı

Figure 10. Chromatogram of sample T1a from HPLC-PDA

TARTIŞMA ve SONUÇ

Günümüzde tarçın ve diyabet ilişkisi konusunda bazı klinik çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmaların sonuçları birbiriyle bazen çelişse de günlük 1 ile 6 gr arasında değişen miktarlarda düzenli tarçın kullanımının kan glikoz seviyesinde belirgin şekilde düşmeye neden olduğu bildirilmektedir (Khan vd., 2003; Mang vd. 2006; Lu vd., 2012; Allen vd., 2013; Ranasinghe vd., 2017; Zare vd., 2019 ve 2020). Bu kısıtlı veriler ile özellikle tip-2 diyabet hastalarında tarçın kullanımının artması kaçınılmazdır. Ancak önceki bölümlerde verilen çok sayıda çalışma sonuçlarına göre farklı ülkelerden gelen farklı biçimde işlenmiş ve hangi türden elde edildiği tam olarak belli olmayan kabukların tüketiciye ulaştığında yeterli kalite standardında olmadığı görülmektedir. Bu ürünlerden büyük bir kısmının kumarin bileşiğini güvenli dozların çok üzerinde taşıdığı yapılan çok sayıda çalışma ile gösterilmiştir.

Çalışma sonuçlarımıza benzer biçimde, Wang vd. (2013)'nin yaptıkları çalışmada ABD piyasadan temin edilen 12 adet *C. burmanni* ve 2 adet *C. loureiroi* türüne ait örneklerde kumarin miktarlarının sırasıyla 2-9 mg/gr ile 1-9 mg/gr aralıklarında tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada 17 adet *C. verum* örneğinde ise kumarin miktarı 0.005-0.02 mg/gr seviyesinde bulunmuştur. Bir diğer çalışmada (Blahove ve Svoboda, 2012) Çekya marketlerinde satılan Vietnam, Hint ve diğer tip Cassia tarçınlarında kumarin miktarı 2.6-7.0 mg/gr aralığında bulunmuştur. Woehrlin vd. (2010)'nin yaptığı çalışmada Alman perakende pazarından alınan cassia tozu örnekleri, 1.7 ile 7.7 mg/gr arasında kumarin seviyeleri göstermiştir. 22 adet Seylan tarçını örneğinden 13'ünde kumarin tespit edildiği ancak maksimum 0.49 mg/gr gibi düşük seviyede oldukları gösterilmiştir. Yine bu çalışmada aynı ağaçtan elde edilen kabuk parçalarının, hatta aynı çubuğun farklı kısımlarının bile farklı oranlarda kumarin saptandığı rapor edilmiştir. Lungarini vd. (2008)'nin yaptığı benzer bir çalışmada kumarin içeriğinin, 0.014-4.4 mg/gr arasında değiştiği, başka çalışmada kumarin konsantrasyonları, Seylan tarçınında (n=12) 190 mg/kg ve cassia tarçınında (n=12) 0.7 ila 12.2 mg/gr arasında tespit edilmiştir (Miller vd., 1995).

Çalışmamızda ülkemizin farklı bölgelerindeki çeşitli vilayetlerinde satışı sunulan tarçın kabukları Avrupa Farmakopesi'nde yer alan bazı yöntemlere göre makroskobik, mikroskobik yöntemlerle incelenmiş, kabuklarından hazırlanan etanol ekstraktlarında kumarin miktarları kantitatif olarak belirlenmiştir. Kabukların elde edildiği bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin farklılığı düşünülerek her grubu temsilen 1'er örnek seçilmiş ve uçucu yağları analiz edilmiştir. Ayrıca kabukların halk arasında farklı yöntemlerle kullanılması göz önüne alınarak, kabuklardan sıcak su ile demleme yöntemi ile hazırlanan çay (infüzyon, %5) ve detoks amacıyla hazırlanan soğuk içeceklerde aromatan olarak kullanılan şekliyle de kabuklardan oda sıcaklığında suya geçen kumarin miktarları da ayrıca belirlenmiştir.

Yapılan anatomik incelemeler ile 23 örnek farklı gruplara ayrılmıştır. Makroskobik ve mikroskobik tanımlama yöntemi bitkisel drogların kalite kontrolünde ve teşhisinde kullanılan en pratik ve etkili yöntemlerden biridir (Upton, 2010; Gurav ve Gurav, 2014; Tardif ve Conciatori, 2015; Anonymus, 2014; Anonymus 2016; Alamgir, 2017). Seylan, Çin, Burma ve Vietnam tarçınları bu şekilde birbirinden ayrılmıştır. Vietnam tarçını ile ilgili çalışma sayısı son derece az olmakla birlikte bu türe ait drog görsel veya morfolojik tarif yapılan literatür taramalarında tespit edilememiştir. Vietnam tarçını'nın doğru botanik kimliği konusunda halen bazı şüpheler bulunmaktadır. Birçok yayında *Cinnamomum loureiroi* türü, Vietnam veya Saygon tarçını olarak rapor edilmekle birlikte, bazı çalışmalarda Vietnam Tarçını'nın aslında Vietnam'da geniş alanlarda yetiştirilen *Cinnamomum cassia* türünden başka bir şey olmadığı, coğrafi farklılıklar ve hasat sonrasındaki farklı işlemler dolayısıyla görünüm, tat ve kokuda birtakım değişikliklerin meydana geldiği bildirilmektedir. Tip örneği oluşturan örneklerin şu anda yetişmediği veya çok nadir alanlarda bulunduğu düşünülmektedir (Ravindran vd., 2004).

Bu dört tür dışında teşhis anahtarlarına uymayan iki ayrı grup belirlenerek mikroskobik karakterleri ortaya konmuştur. Tarçın numunelerinden her grubu temsilen birer örneğin hidrodistilasyonla

elde edilen uçucu yağlarının bileşimleri GK-AİD ve GK/KS sistemleri ile analiz edilmiş, %0.1'den büyük bileşenlerin bağıl yüzde miktarları sunulmuştur. Seylan tarçını olarak saptanan örneğin Avrupa Farmakopesi standardına uygun biçimde sinnamik aldehit yanında %6.7 oranında öjenol taşıdığı görölmüştür. Analizi yapılan diğer 9 örnekte ana bileşen yine *trans*-sinnamik aldehit olup, bu maddenin %89 ile %96 aralığında değiştiği saptanmıştır.

Daha önce yapılmış benzer çalışmalar incelendiğinde ana bileşenin değişen oranlarda sinnamik aldehit olduğu (%60-90), diğer bileşenlerin varlığı ve miktarlarının ise aynı türden elde edilen kabuklarda üretildiği coğrafya ve işlenme tekniklerinden dolayı büyük çeşitlilik gösterdiği açıktır (Guenther., 1950; Vernin vd., 1990; Xiao-duo vd., 1991; Yu-Jing vd., 1987; Andini vd., 2020; Villupanoor vd., 2008; Jiang vd., 2008; Chen vd., 2014; Li vd., 2010). Uçucu yağ analizlerinin morfolojik ve mikroskopik olarak doğruladığımız türlerle ilgili çalışmamızı desteklediği fakat tek başına tür tayininde yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızda standart Seylan tarçını dahil 24 adet tarçın kabuğu ile, bu kabuklardan kumarin bileşiğini en yüksek oranda taşıdığı saptanan örnekten hazırlanan soğuk ve sıcak su ekstralarında de kumarin miktar tayini yapılmıştır. Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA) değerlerine göre (Anonymous, 2008) kumarinin günlük güvenli tüketim dozunun kilo başına 0,1 mg olduğu düşünöldüğünde, 60 kg ağırlığında bir bireyin Vietnam tarçını olarak belirlenen örnek ile, T1a ve T2c kodlu numunelerden günlük 1 gr tüketmesi halinde vücuduna 6 mg üzerinde kumarin alacağı, bu durumda da güvenli dozun aşılacağı açıkça görölmektedir. 8-9 cm boylarında bir adet cassia tipi tarçın kabuğu rulosunun yaklaşık 4-5 gr olduğu düşünöldüğünde, 1 adet rulonun tüketiminin bu kritik dozu aşacağı anlaşılmaktadır.

Çalışmamızda %5'lik infüzyon şeklinde hazırlanan örneklerde ve soğuk suya gečen miktarın sınırlı olduğu görölmüştür. Kumarinin

sıcak suda bir miktar daha fazla çözündüğü belirlenmiştir.

Türkiye pazarını tam olarak temsil edecek sayıda örnek incelenmiş olmasa da 16 farklı ilden temin edilen 23 farklı tarçın örneğinin 22'sinin cassia tip tarçın olması dikkat çekicidir. Seylan tarçının nispeten yüksek fiyatı sebebiyle tercih edilmediğinden satışa sunulmadığı ve Çin tarçını olarak bilinen *C. cassia*'nın da nadiren tezgâhlarda yer aldığı gözlenmiştir. Piyasaya hâkim türün Burma veya diğer isimle Endonezya tarçını olduğu görölmüştür.

Çalışmamızda yaptığımız kalitatif ve kantitatif analizlerde, benzer çalışmaların sonuçlarına paralel biçimde, kumarin miktarlarının türden türe hatta aynı tür olduğu belirlenen örnekler arasında da büyük değişkenlik gösterebildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle makroskopik ve mikroskopik olarak kolaylıkla diğerlerinden ayrılabilen ve çeşitli farmakope ve kodekslerde monografi bulunan ofisinal kabul edilen Seylan tarçını (*C. verum*) dışındaki tüm "cassia tip" tarçınların morfolojisine veya türüne bakılmaksızın, 1 gr'ın üzerinde miktarlarda düzenli şekilde ve kabuğun toz edilerek tüm halde dahilen alınmasının güncel veriler ışıkında, güvenli olamayabileceği sonucuna varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIşMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Yazar Gİ ve EBS makalenin yazılması, materyal temini, makroskopik ve mikroskopik analiz, ekstraksiyon, uçucu yağ eldesi ve analizlerini, yazar MS ve GA; YPSK analizi ve yorumlanmasında katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Abraham, K., Wöhrlin, F., Lindtner, O., Heinemeyer, G., Lampen, A. (2010). Toxicology and risk assessment of coumarin: focus on human data. *Molecular Nutrition Food Research*, 54(2), 228-239.

Alamgir, A. N. M. (2017). *Microscopy in Pharmacognosy*. In: *Therapeutic Use of Medicinal Plants*

- and *Their Extracts*: Volume 1, Springer International Publishing AG. pp. 497-513.
- Allen, R. W., Schwartzman, E., Baker, W. L., Coleman, C. I., Phung, O. J. (2013). Cinnamon use in type 2 diabetes: an updated systematic review and meta-analysis. *The Annals of Family Medicine*, 11(5), 452-459.
- Andini, Y. W., Cahyasarli, I. A., Primaharinastiti, R. (2020). Standardization bark of *Cinnamomum burmannii* Nees Ex Bl. from five areas of Indonesia. *Pharmacognosy Journal*, 12(3), 578-588.
- Anonymous (2005). Guideline, I. H. T. (2005). Validation of analytical procedures: text and methodology. Q2 (R1), 1(20), 05.
- Anonymous (2008). Coumarin in flavourings and other food ingredients with flavouring properties. *The EFSA Journal*, 793, 1-15.
- Anonymous (2011). EMA/HMPC/246773/2009, Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC) Assessment report on *Cinnamomum verum* J. S. Presl, cortex and cortices aetheroleum.
- Anonymous (2014). Council of Europe. (2014). *European Pharmacopoeia* (8th ed). Strasbourg: Council of Europe.
- Anonymous (2016). *Türk Farmakopesi -II* Avrupa Farmakopesi Adaptasyonu. T.C. Sağlık Bakanlığı, Yayın No:1040, TITCK Yayın No:4.
- Anonymous (2017). *United States Pharmacopeial Convention*, Rockville, MD (2017), pp. 426-440, USP 40–NF 35.
- Babu, P. S., Prabuseenivasan, S., Ignacimuthu, S. (2007). Cinnamaldehyde-a potential antidiabetic agent. *Phytomedicine*, 14(1), 15-22.
- Ballin, N.Z. and Sørensen, A.T. (2014). Coumarin content in cinnamon containing food products on the Danish market. *Food Control*, 38(2014), 198e203.
- Barceloux, D. G. (2009). Cinnamon (*Cinnamomum* species). *Disease-a-month*, 55(6), 327-335.
- Baruah, A. and Nath, S.C. (2004). Indian Cassia. In: Ravindran, P.N., Babu, K.N. and Shylaja, M. (eds). *Cinnamon and Cassia: The Genus Cinnamomum*, CRC Press, London. pp. 199–210.
- Bingöl, N. ve Akbulut, G. (2012). Tip 2 Diyabet ve Tarçın. *Boşok Tıp Dergisi*, 2012(3), 39-46.
- Blahove, J. and Svobodova, Z. (2012). Assessment of coumarin levels in ground cinnamon available in the Czech retail market. *Scientific World Journal*, 263851.
- Cao, H., Polansky, M.M. and Anderson, R.A. (2007). Cinnamon extract and polyphenols affect the expression of tristetraproline, insulin receptor, and glucose transporter 4 in mouse 3T3-L1 adipocytes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 15; 459(2), 214-22.
- Chen, P., Sun, J. and Ford, P. (2014). Differentiation of the four major species of cinnamons (*C. burmannii*, *C. verum*, *C. cassia*, and *C. loureirii*) using a flow injection mass spectrometric (FIMS) fingerprinting method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(12), 2516–2521.
- de Kok, R. P. J. (2019). A revision of *Cinnamomum* Schaeff. (*Lauraceae*) for Peninsular Malaysia and Singapore. *The Gardens' bulletin, Singapore*, 71(1), 89-139.
- Femine, C.P.G., Joy, E.T. and Kiran, M.S. (2018). Efficacy of cinnamon in the treatment of orofacial conditions. *International Journal of Contemporary Dental Medical Reviews*, vol.2018. doi: 10.15713/ins.ijcdmr.130
- Firmino, D. F., Cavalcante, T. T. A., Gomes, G. A., Firmino, N. C. S., Rosa, L. D., de Carvalho, M. G., Catunda, F. E. A. (2018). Antibacterial and Antibiofilm Activities of *Cinnamomum* Sp. Essential Oil and Cinnamaldehyde: Antimicrobial Activities. *Scientific World Journal*, 2018:7405736.
- Ford, P. W., Harmon, A. D., Tucker, A. O., Sasser, M., Jackoway, G., Albornoz, G., Cardellina, J. H. (2019). Cinnamon–Differentiation of four species by linking classical botany to an automated chromatographic authentication system. *Journal of AOAC International*, 102(2), 363-368.
- Gruenwald, J., Freder, J. and Armbruster, N. (2010). Cinnamon and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(9), 822-834.
- Guenther, E. (1950). *The Essential Oils. Volume II*. Van Nostrand Co., Inc., New York, pp. 516.

- Gurav, S., Gurav, N. (2014). Herbal drug microscopy. In: *Indian Herbal Drug Microscopy*, Springer, New York, pp. 15-196.
- Gürson, O. ve Özçelikay, G. (2005). Tarçın'ın Tarih Boyunca ve Günümüzdeki Kullanımı. *OTAM: Ankara Üniversitesi Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 18, 171-183.
- İşcan, G., Köse, Y. B., Demirci, F. (2019). *Bitkisel Drogaların Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri*. Antalya Eczacı Odası Akademisi Yayınları. ISBN: 978-975-8037-50-6
- Jeremic, K., Nebojša, K., Nataša, V., Nemanja, T., Maja, H., Mladena, L.P., Neda, G. (2019). Morphological characterization of cinnamon bark and powder available in the Serbian market. *Biologia Serbica*, 41(1), 89-93.
- Jiang, Z.T., Li, R. and Wang, Y. (2008) Essential Oil Composition of *Cinnamomum loureiroi* Grown in China Extracted by Supercritical Fluid Extraction. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11:3, 267-270.
- Joulain, D., Koenig W.A. (1998). *The Atlas of Spectra Data of Sesquiterpene Hydrocarbons*, EB-Verlag, Hamburg.
- Kawatra, P. and Rajagopalan, R. (2015). Cinnamon: Mystic powers of a minute ingredient. *Pharmacognosy Research*, 7(Suppl 1), S1.
- Khan, A., Safdar, M., Khan, M. M. A., Khattak, K. N., Anderson, R. A. (2003). Cinnamon improves glucose and lipids of people with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 26(12), 3215-3218.
- Koenig, W.A. Joulain, D. Hochmuth, D.H. (2004). *Terpenoids and Related Constituents of Essential Oils*. MassFinder 3, Hamburg, Germany.
- Lu, T., Sheng, H., Wu, J., Cheng, Y., Zhu, J., Chen, Y. (2012). Cinnamon extract improves fasting blood glucose and glycosylated hemoglobin level in Chinese patients with type 2 diabetes. *Nutrition research*, 32(6), 408-412.
- Lungarini, S., Aureli, F., and Coni, E. (2008). Coumarin and cinnamaldehyde in cinnamon marketed in Italy: a natural chemical hazard? *Food Additives Contaminants. Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure Risk Assessment*, 25, 1297e1305.
- Mang, B., Wolters, M., Schmitt, B., Kelb, K., Lichtinghagen, R., Stichtenoth, D.O., Hahn, A. (2006). Effects of a cinnamon extract on plasma glucose, HbA1c, and serum lipids in diabetes mellitus type 2. *European Journal of Clinical Investigation*, 36(5), 340-344.
- McLafferty, F.W. Stauffer, D.B. (1989). *The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data*, J Wiley and Sons: New York.
- Miller, K.G., Poole, C.F. and Chichila, T.M.P. (1995). Solvent-assisted supercritical fluid extraction for the isolation of semivolatiles from cinnamons of commerce and their separation by series-coupled column gas chromatography. *Journal of High Resolution Chromatography*, 18, 461-471.
- Peng, X., Ma, J., Chao, J., Sun, Z., Chang, R. C. C., Tse, I., Li, E. T. S., Chen F., Wang, M. (2010). Beneficial effects of cinnamon proanthocyanidins on the formation of specific advanced glycation endproducts and methylglyoxal-induced impairment on glucose consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11), 6692-6696.
- Rahfeld, B. (2009). *Mikroskopischer Farbatlas Pflanzlicher Drogen*. Springer Science Business Media.
- Ranasinghe, P., Galappaththy, P., Constantine, G. R., Jayawardena, R., Weeratunga, H. D., Premakumara, S., Katulanda, P. (2017). *Cinnamomum zeylanicum* (Ceylon cinnamon) as a potential pharmaceutical agent for type-2 diabetes mellitus: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 18(1), 1-8.
- Ranasinghe, P., Pigera, S., Premakumara, G.A., Galappaththy, P., Constantine, G.R., Katulanda, P. (2013). Medicinal properties of 'true' cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. *BMC Complement Alternative Medicine*, 22(13), 275.
- Rao, P. V., Gan, S. H. (2014). Cinnamon: a multifaceted medicinal plant. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014: 642942.
- Ravindran, P.N., Shylaja, M., Nirmal Babu, K., Krishnamoorthy, B. (2004). Botany and crop improvement of cinnamon and cassia. In:

- Cinnamon and Cassia—The Genus Cinnamomum*. (Eds. Ravindran P.N., Babu K.N.) CRC Press; Boca Raton, FL, USA, pp. 14-79
- Singh, N., Rao, A. S., Nandal, A., Kumar, S., Yadav, S. S., Ganaie, S. A., Narasimhan, B. (2021). Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Food Chemistry*, 338, 1-24
- Tardif, J. C., Conciatori, F. (2015). Microscopic examination of wood: Sample preparation and techniques for light microscopy. In: *Plant microtechniques and protocols*, Springer, pp. 373-415.
- Thomas, J., Kuruvilla, K. M. (2012). Cinnamon. In *Handbook of herbs and spices*, Woodhead Publishing, Sawston, pp. 182-196.
- Upadhyay, Ravi. (2017). Therapeutic and pharmaceutical potential of *Cinnamomum tamala*. *Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6, 18-28.
- Upton, R. T. (2010). Use of high-performance thin layer chromatography by the American Herbal Pharmacopoeia. *Journal of AOAC International*, 93(5), 1349-1354.
- Vernin, C., Vernin, G., Metzger, J., Puigol, I. (1990). La cannelle, Première partie. Analyse CPG/Sm Banuqe SPECMA d'huile essentielle de cannelle de Ceylan et de Chine. *Parfumes, Cosmétiques, Aromes*, 93, 85-90.
- Villupanoor, A.P., Chempakam, B., Zachariah, T.J., Leela, N.K. (2008). Chemistry of spices. in: *Cinnamon and Cassia*. Printed and bound in the UK by Biddles Ltd, King's Lynn, pp. 124-145.
- Wang, Y.H., Avula, B., Nanayakkara, N.P.D., Zhao, J.P., Khan, I.A. (2013). Cassia cinnamon as a source of coumarin in cinnamon-flavored food and food supplements in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 4470-4476.
- Wang, H., Liu, T., Huang, D. (2013). Starch hydrolase inhibitors from edible plants. *Advances in Food and Nutrition Research*, 70, 103-136.
- Woehrlin, F., Fry, H., Abraham, K., Preiss-Weigert, A. (2010). Quantification of flavoring constituents in cinnamon: high variation of coumarin in cassia bark from the German retail market and in authentic samples from Indonesia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10568e10575.
- Xiao-duo, J., Quan-Long, P., Garafoo, H.M., Pannel, L.K. (1991). Essential oil of the leaf, bark and branch of *Cinnamomum burmannii* Blume. *Journal of Essential Oil Research*, 3: 373-375.
- Yu-Jing, L., Liang-Jeng, Z., Bi-Yao, L., Langtian, M., Zhao-Lun, L., Liang-Shi, J. (1987) Studies on meipian tree (*Cinnamomum burmannii* physiological type) as a new source of natural d-borneol. *Acta Botanica Sinica*, 29, 373-375.
- Zare, R., Nadjarzadeh, A., Zarshenas, M. M., Shams, M., Heydari, M. (2019). Efficacy of cinnamon in patients with type II diabetes mellitus: A randomized controlled clinical trial. *Clinical Nutrition*, 38(2), 549-556.
- Zare, R., Shams, M., Heydari, M., Najarzadeh, A., Zarshenas, M. (2020). Analysis of the efficacy of cinnamon for patients with diabetes mellitus type II based on traditional Persian medicine syndrome differentiation: a randomized controlled trial. *Shiraz E-Medical Journal*, 21(7).



MERSİNİN (*Myrtus communis* L.) ANTİOKSİDAN VE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Gülten Tiryaki Gündüz*, Özge Akgül

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye

Geliş / Received: 04.11.2021; Kabul / Accepted: 09.03.2022; Online baskı / Published online: 30.03.2022

Gündüz, G.T., Akgül, Ö. (2022). Mersinin (*Myrtus communis* L.) antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi. *GIDA* (2022) 47 (2) 328-343 doi: 10.15237/gida.GD21142

Gündüz, G.T., Akgül, Ö. (2022). Antioxidant and antimicrobial activities of myrtle (*Myrtus communis* L.). *GIDA* (2022) 47 (2) 328-343 doi: 10.15237/gida.GD21142

ÖZ

Mersin (*Myrtus communis* L.) çoğunlukla Akdeniz ikliminde gelişen aromatik, yaprak dökmeyen fundalıklardır. Polifenoller, antosiyaninler, polifenolik asitler ve flavonoidler gibi çeşitli biyoaktif molekülleri içeren mersin bitkisi antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelere sahiptir. Yapılan çalışmalarda, mersin uçucu yağlarının içerdiği başlıca bileşenlerin 1,8-sineol, α -pinen, linalol, limonen ve mirtenil asetat olduğu, antioksidan aktivitesinin ise 100-768 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (IC_{50}) aralığında değiştiği belirtilmiştir. Mersin ekstrakt/uçucu yağlarının patojen bakteriler, küf ve mayalar üzerinde antimikrobiyal etkisinin olduğu saptanmıştır. Mersin ekstrakt veya uçucu yağlarının model gıda uygulamaları konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup, çalışmalarda model gıdalara inoküle edilmiş patojen mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkisinin olduğu, lipid peroksidasyonunu geciktirdiği ve gıdaların raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir. Bu derleme çalışmasında, mersin bitkisinin farklı bölümlerinin antioksidan/antimikrobiyal aktivitesi ve mersin ekstraktlarının/uçucu yağlarının gıdalara ilavesinin sağladığı antioksidan/antimikrobiyal etki ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Myrtus communis*; mersin; antioksidan; antimikrobiyal; antifungal

ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF MYRTLE (*Myrtus communis* L.)

ABSTRACT

Myrtle (*Myrtus communis* L.) is an aromatic, evergreen shrub that mostly grows in the Mediterranean climate. Myrtle which contains various bioactive molecules like polyphenols, anthocyanin, polyphenolic acid and flavonoids has high antioxidant and antimicrobial activities. The main components of myrtle essential oils are 1,8-cineol, α -pinene, linalool and myrtenyl acetate and the antioxidant activity varies between 100-768 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (IC_{50}). Myrtle extract/essential oils have antimicrobial effects against pathogenic microorganisms, molds and yeasts. Limited studies available on model food applications of myrtle extract or essential oils indicated that it has an antimicrobial effect on pathogenic microorganisms inoculated to model foods, delays lipid peroxidation and extends the shelf life of foods. In this review, studies on the antioxidant/antimicrobial activities of different parts of myrtle as well as the antioxidant/antimicrobial effects of myrtle extracts/essential oils applications to food products were investigated.

Keywords: *Myrtus communis*; myrtle; antioxidant; antimicrobial; antifungal

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ gulten.tiryaki.gunduz@ege.edu.tr

☎ (+90) 232 311 3003

☎:(+90) 232 311 48 31

Gülten Tiryaki Gündüz; ORCID no: 0000-0002-5878-7411

Özge Akgül; ORCID no: 0000-0002-1836-449X

GİRİŞ

Myrtus communis L., çoğunlukla Akdeniz ikliminde, kendiliğinden gelişen, *Myrtaceae* ailesine ait, aromatik, çok yıllık, yaprak dökmeyen fundalıklardır ve ülkemizde genellikle “mersin” adıyla anılmaktadır (Aleksic ve Knezevic, 2014; Söke ve Elmacı, 2015; Siracusa vd., 2019; Liang vd., 2020; Smeti vd., 2020). Yaklaşık 3000 farklı türe sahip mersin bitkisinin yüksekliği 2.5 metreye kadar ulaşabilmektedir. Mersin bitkisinin çiçekleri kokulu, beyaz ya da pembe renkli; mersin meyveleri ise çok çekirdekli, yuvarlak, siyah–mavi ve beyaz-sarımsı renkli olmak üzere iki farklı renge sahiptir (Giampieri vd., 2020). Flavonoid ve antosiyanin gibi fenoliklerce zengin olan mersin meyveleri Kasım–Şubat aylarında olgunlaşmaktadır (Asik vd., 2021; Medda ve Mulas, 2021). Meyve ve yapraklarındaki uçucu yağ içeriği sebebiyle aromatik bir tür olarak sınıflandırılan mersin, ticari olarak likör üretimi ve parfüm sektöründe kullanılırken, sağlık sektöründe ve mutfaklarda baharat olarak da mersinden yararlanılmaktadır. Tanen bakımından zengin olan mersin meyveleri, buruk tatları nedeniyle karabibere ikame olarak da kullanılabilir (Snoussi vd., 2012). Bunların yanı sıra mersin, abiyotik strese karşı direnci ile de dikkat çekmekte, mersinin ekosistem restorasyonunda kullanılabilirliği düşünülmektedir (Tafreshi vd., 2021). Güney Avrupa, Kuzey Afrika ve Doğu Asya’nın yerel bitkisi olan *Myrtus communis* L., ülkemizde Adana, Antalya, İçel, Çanakkale, İstanbul, Zonguldak, Trabzon, İzmir, Samsun, Muğla ve Hatay gibi kıyı illerinde doğal olarak bulunabilmektedir (Söke ve Elmacı, 2015; Siracusa vd., 2019).

Mersin meyveleri yüksek antioksidan kapasiteye sahip olmasının yanı sıra, polifenol, antosiyanin, polifenolik asit ve flavonoidler gibi çeşitli biyoaktif moleküller içermektedir (Jabri vd., 2018). Fenolik madde içeriğinin yüksek olması nedeniyle dikkat çeken mersin, sağlık alanında da kullanılabilir (Medda vd., 2021). Halk arasında mersinden, yaraların iyileştirilmesinde, ishal, mide ülseri, dizanteri, kanser, romatizma, kanama, hemoroid, inflamasyon, dispepsi, anksiyete, uykusuzluk, diyabet, hipertansiyon, pulmoner bozukluklar ve cilt hastalıkları gibi

çeşitli hastalıkların tedavisinde yararlanılmaktadır (Jabri vd., 2018; Sisay ve Gashaw, 2017; Mahboubi, 2017; Raeiszadeh vd., 2018). Farmakolojik olarak ise mersinin hemostatik etki, hepatik hastalıklara karşı koruyucu ajan, antikanser, antimikrobiyal, antidiyareik, antidiyabetik, antiülser, antioksidan, antifungal, antimutajenik, antiviral, antiparazitik, antihemoroid, anti-çoğunluk algılanması (anti-Quorum sensing) ve antiinflamatuvar aktiviteleri olduğu bilinmektedir (Hashemipour vd., 2017; Malekoti vd. 2019; Contini vd., 2020; Ebrahimi vd., 2020; Hassan vd., 2020; Alyousef vd., 2021; Khodaie vd., 2021). Zadeh vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışma mersin ekstraktının sülfat indirgeyen bakterilerin çelik yüzeylerde oluşturduğu mikrobiyolojik korozyonu önlemede etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Bu özelliklerinin yanı sıra, mersin yaprağı etanol ekstraktının Alzheimer hastalığının önlenmesi ve tedavisinde alternatif olabilecek yeni bir terapötik yaklaşım olduğu ifade edilmiştir (Aykaç vd. 2019; Yaman vd. 2020).

Mersin uçucu yağı, mersin yaprağı, çiçeği ve meyvesi gibi mersinin farklı kısımlarından elde edilebilirken, eldesinde hidrodistilasyon gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra süperkritik sıvı ekstraksiyonu, mikrodalga ekstraksiyonu, anfloraj gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Mersin uçucu yağlarının, tanen, flavonoid, fenolik bileşikler ve yağ asitlerince zengin olduğu belirlenmiştir (Aleksic ve Knezevic, 2014; Bekhechi vd., 2019). Mersin ekstraktları ise su, etanol, metanol, etil asetat gibi çeşitli çözücüler kullanılarak Soxhlet, maserasyon, kaynatma, demleme, membran teknolojisi gibi ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilebilmektedir (Aleksic ve Knezevic, 2014). Farklı morfolojilerde bulunabilen mersinin fiziksel özellikleri, besin içeriği ile fenolik ve antioksidan özellikleri, mersinin bulunduğu yer ve koşullara, mevsime, analiz edilen kısımlara, renk ve aşılı veya yabani oluşuna göre değişiklik gösterebilmektedir. González-de-Peredo vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada İspanya’nın kıyı ve iç kesimlerinden olmak üzere farklı lokasyonlardan mersin meyvesi örnekleri toplanmış ve çalışma sonucunda lokasyonun mersinin kimyasal içeriği ve

morfolojik özellikleri üzerine etkili olduğu ifade edilmiştir. Kıyı kesimlerinde yetişen mersin meyvelerinin iç kesimlere göre antosiyanın gibi biyoaktif bileşenlerce daha zengin olduğu

belirlenmiştir. Çizelge 1’de farklı ülkelerden toplanan mersin bitkisinin farklı kısımlarının bileşiminin araştırıldığı bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Çizelge 1. Mersin bitkisinin farklı bölümlerinden elde edilen uçucu yağ veya ekstraktlarının temel bileşenleri

Şehir, Ülke	Ekstrakt/uçucu yağ	Kullanılan Yöntem	Majör Bileşenler	Kaynak
Zeboudja ve Ténès, Cezayir	Yaprak uçucu yağı	GC-FID GC/MS	α -pinen (%2.8-48.6) linalol (%10.5-32) limonen (%11-29.7)	Hennia vd., 2019a
Darab, İran	Yaprak uçucu yağı	GC-GC/MS	1,8-sineol (%26.91) α -pinen (%22.02) linalol (%12.74)	Dejam ve Farahmand, 2017
Antalya, Türkiye	Yaprak uçucu yağı	GC/MS	α -pinen (%35.6) 1,8-sineol (%28.3) linalol (%10.5)	Şen vd., 2020
	Dal uçucu yağı		α -pinen (%30.7) 1,8-sineol (%23.5) p-simen (%13.3)	
Türkiye	Dal uçucu yağı	GC/MS	α -pinen(%33.14) ökaliptol (%55.09)	Kaya vd., 2020
Antalya, Türkiye	Yaprak+Çiçek+Kök uçucu yağı	GC/MS	α -pinen (%31.2) 1,8-sineol (%24.2) limonen (%13.8)	Atik vd., 2020
Cizan, Suudi Arabistan	Yaprak etanol ekstraktı	GC/MS	1,1,8-trimetiloktahidro-2,6-naftalindion (%27.6) pirogalol (%9.1)	Mir vd., 2020
Yayla, Kuzey Kıbrıs	Yaprak uçucu yağı	GC/MS	1,8-sineol (%39.38) α -pinen (%24.98) linalol (%8.18)	Bahadırılı vd., 2020
Tunus	Dal uçucu yağı	GC/MS	α -pinen (%40.4) 1,8 sineol (%30.0) Limonen (%4.3)	Dhouibi vd., 2021
Fas	Dal uçucu yağı	GC/MS	Mirtenil asetat (%1.8-40.2) 1,8 sineol (%5-38.8) α -pinen (%8.1-28.9)	Bakhy vd., 2021
Sardinya, İtalya	Yaprak uçucu yağı	GC/MS	α -pinen (%13.81- 46.51) 1,8 sineol (%1.37-27.12)	Usai vd., 2020

Mersin uçucu yağının kimyasal içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada, Cezayir’in farklı lokasyonlarından toplanan mersinlerin %50.1 oran ile α -pinence zengin olduğu, bu bileşeni sırasıyla, 1,8-sineol (%22.27) ve limonen (%5.16) bileşenlerinin takip ettiği belirlenmiştir (Mohamadi vd., 2021). İran’ın güneyinde yetişen mersin yapraklarından elde edilen uçucu yağın majör bileşenlerinin 1,8-sineol (%26.91) ve α -pinen (%22.02) olduğu saptanmıştır (Dejam ve Farahmand, 2017). Dönmez ve Salman (2017)

tarafından yapılan bir çalışmada ise Burdur’dan toplanan mersin yaprak ve meyvelerindeki baskın bileşenlerin limonen (%35.13 ve %40.87), α -pinen (%19.91 ve %26.81) ve linalil asetat (%7.57 ve %8.88) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, Antalya’dan toplanan mersin yapraklarından elde edilen uçucu yağdaki baskın bileşenlerin 1,8-sineol (%33.94 -%38.65), α -pinen (%29.33-%30.65) ve linalol (%8.25-%13.86) olduğu belirlenmiştir (Uzun vd., 2016).

MERSİN BİTKİSİNİN ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİ

Gıdalardaki oksidasyon reaksiyonlarını önlemek amacıyla sentetik veya doğal antioksidanların ilave edilmesi sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde üretici ve tüketiciler, sentetik antioksidanların sağlık üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle doğal antioksidanlara yönelmiştir. İçerdikleri sekonder metabolitler ve fenolik bileşenler nedeniyle bitki uçucu yağ veya ekstraktlarının doğal antioksidan maddeler olarak kullanımı tercih edilen bir yöntemdir. Mersin uçucu yağ veya ekstraktlarının da bu amaçla kullanım potansiyeli bulunmaktadır (Anwar vd., 2016).

Literatürde mevcut olan çalışmalar, mersin ekstrakt ve uçucu yağlarının yapısında bulunan flavonoidler (quersetin), fenolik asitler, tanenler ve α -tokoferoller sayesinde etkili antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Gorjian vd., 2021). DPPH yöntemi ile belirlenen mersin uçucu yağlarının antioksidan aktivitesinin, 100-768 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (IC_{50}) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Hennia vd., 2019b). Mersin ekstrakt veya uçucu yağ içeriklerinin bitkinin analiz edilen kısımları, yetiştiği bölge, kullanılan bölümlerinin taze veya kurutulmuş olması, kullanılan çözücü, analiz yöntemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebildiği görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Mersinin antioksidan aktivitesinin incelendiği bazı çalışmalar

Şehir, Ülke	Ekstrakt/ uçucu yağ	Yöntem	Antioksidan aktivite	Kaynak
Zağvan, Tunus	Yaprak metanol ekstraktı	DPPH* (IC_{50}) FRAP*	3.81-6.83 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 192.24-267 mmol Fe ²⁺ /g ekstrakt	Yangui vd., 2021
Antalya, Türkiye	Yaprak uçucu yağı	ABTS+ (IC_{50}) DPPH (IC_{50})	124.40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 34.13 $\mu\text{g}/\text{mL}$	Şen vd., 2020
	Dal uçucu yağı	ABTS+ (IC_{50}) DPPH (IC_{50})	390.10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 28.15 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
Zeboudja ve Ténès, Cezayir	Yaprak uçucu yağı	DPPH (IC_{50})	2.28-12.66 mg/mL	Hennia vd., 2019a
Yemen	Yaprak uçucu yağı	DPPH (IC_{50})	4.2 $\mu\text{L}/\text{mL}$	Anwar vd. 2017
Marmaris, Türkiye	Meyve metanol ekstraktı	DPPH (IC_{50})	1.22-1.24 mg/mL	Keven-Karademir ve Avunduk, 2015
Hacıabad, İran	Yaprak etanol ekstraktı	DPPH (IC_{50}) FRAP	4.17 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 0.26 $\mu\text{g}/\text{mL}$	Raeiszadeh vd., 2018
Yemen	Yaprak metanol ekstraktı	DPPH (IC_{50})	2.79 $\mu\text{g}/\text{mL}$	Abdulqawi ve Quadri, 2020
	Yaprak su ekstraktı		2.65 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
Antalya, Türkiye	Meyve metanol ekstraktı	DPPH (%)	77.64–83.56	Özcan vd., 2020
	Yaprak metanol ekstraktı		93.76–98.37	
Mersin, Türkiye	Çekirdek etanol ekstraktı	DPPH (%)	15.43-92.11	Akyüz vd., 2019
	Meyve etanol ekstraktı		3.05-45.85	
	Kabuk etanol ekstraktı		4.17 – 13.79	

*DPPH: 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil analizi; FRAP: ferrik iyon indirgeyici antioksidan güç analizi

Messaoud ve Boussaid (2011) tarafından yapılan çalışmada farklı renk morfolojisindeki mersin meyvelerinin antioksidan aktivitesi incelenmiş ve koyu-mavi meyvelerin ($\text{IC}_{50}=2.1$ mg/mL) beyaz

meyvelere ($\text{IC}_{50}=2.8$ mg/mL) kıyasla daha etkin antioksidan aktiviteye sahip olduğu ortaya konmuştur. Çalışmada, koyu-mavi meyvelerin beyaz meyveler ile kıyaslandığında polifenol,

flavonoid, flavonol ve antosiyanin içeriklerinin fazla olması nedeni ile fenolik içeriklerinin farklı olmasına bağlı olarak daha yüksek antioksidan etki gösterdiği belirlenmiştir. Analizlerde kullanılan kurutma yöntemi, mersinin içerdiği fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu ve antioksidan aktivitesi üzerinde etkilidir (Snoussi vd., 2021). Bakar vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada koyu renkli meyvelerin beyaz renkli meyvelere göre, taze meyvelerin ise kurutulmuş meyvelere göre daha etkili antioksidan aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin (fırın, mikrodalga ve oda sıcaklığında kurutma) mersin meyve ekstraktlarının antioksidan aktivitesi ve fenolik içeriği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, en yüksek antioksidan aktivite %83.55 ile oda sıcaklığında kurutulan örneklerde, en düşük aktivite ise %25.43 ile kurutma işlemi uygulanmamış taze mersin meyvelerinde görülmüştür (Alkaltham vd., 2021).

Mersinlerin toplandığı bölge ve kullanılan kısımlarının yanı sıra, mersinlerin hasat dönemi de mersin bileşimi ve antioksidan aktivitesi açısından önem taşımaktadır. Olgunlaşma sürecinin mersin yaprak, meyve ve tohumları üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, Eylül ve Aralık aylarında toplanan mersin meyve, yaprak ve tohumlarının antioksidan aktivitesi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda mersin yaprağı için en etkili antioksidan aktivite, Eylül ve Aralık ayında hasat edilen yaprakların su ekstraktında saptanırken (sırasıyla $IC_{50}=8.29 \mu\text{g/mL}$ ve $9.44 \mu\text{g/mL}$), meyve için en etkili IC_{50} değeri Eylül ayında hasat edilen meyvelerin su ekstraktında ($IC_{50}=8.42 \mu\text{g/mL}$) belirlenmiştir (Babou vd., 2016).

Antioksidan aktivite, çözünen türü, ekstrakt veya uçucu yağın eldesinde kullanılan yöntem veya antioksidan aktivitenin belirlenmesinde kullanılan yöntemlere göre de değişiklik gösterebilmektedir. Mersin yaprak ve meyvelerinin farklı ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin incelendiği bir çalışmada, en etkili antioksidan aktivite sırasıyla metanol, su, etanol ve etil asetat ekstraktlarında tespit edilmiştir (Amensour vd., 2010). Mersin yaprağının etanol, etil asetat, kloroform ve su ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin incelendiği bir çalışmada ise, DPPH, ABTS+, hidroksil radikali yakalama gücü ve metal

şelatlama gibi farklı yöntemler kullanılmıştır. DPPH ve ABTS+ analiz sonuçlarına göre en etkili ekstraktın etil asetat ($IC_{50}= 0.004 \text{ mg/mL}$) olduğu, etil asetatı sırasıyla metanol (0.006 mg/mL), kloroform (0.009 mg/mL) ve su (0.021 mg/mL) ekstraktlarının takip ettiği belirlenmiştir. Hidroksil radikali yakalama gücü analizi sonuçlarına göre en yüksek antioksidan aktivite sırasıyla etil asetat, kloroform, metanol ve su ekstraktlarında tespit edilirken; metal şelatlama analizi sonucunda en etkili ekstraktların sırasıyla metanol ($IC_{50}= 0.39 \text{ mg/mL}$), su (0.403 mg/mL), kloroform (3.05 mg/mL) ve etil asetat ekstraktı (16.05 mg/mL) olduğu ortaya konmuştur. Antioksidan aktivitenin kullanılan solvente göre değişmesinin nedeni olarak çözünenin polaritesi gösterilebilirken, farklı yöntemlerin farklı sonuçlar vermesinin nedeni ise yöntemlerin etki mekanizmalarının farklı olmasıdır. DPPH ve ABTS+ analizlerinde antioksidan bileşiklerin elektron tutma yeteneği belirlenirken, metal şelatlama analizinde ise antioksidan bileşiklerin ağır metal iyonlarını yakalama yeteneği araştırılmaktadır (Bouaziz vd., 2015).

Süperkritik ekstraksiyon ve geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen mersin ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin incelendiği bir çalışmada, süperkritik ekstraksiyon ile elde edilen ekstraktlardaki flavonol glikozitlerin konsantrasyonunun geleneksel yöntemle elde edilene göre daha yüksek olduğu ve buna bağlı olarak süperkritik ekstraksiyon ile elde edilen ekstraktlarda antioksidan etkinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Pereira vd., 2016).

Yapılan çalışmalarda, yabani olarak yetişen mersinler ile kültüre edilmiş mersinlerin antioksidan aktiviteleri arasında da fark olduğu belirlenmiştir. Çakmak vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, yabani mersinlerin kültüre edilmiş mersinlere göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu, en etkili antioksidan aktivitenin $39.21 \mu\text{g/mL}$ IC_{50} değeri ile yabani mersinlerde görüldüğü, kültüre edilmiş mersinlerde ise IC_{50} değerinin $57.50 \mu\text{g/mL}$ olduğu rapor edilmiştir.

MERSİN BİTKİSİNİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Mersin bitkisinin antibakteriyal aktivitesi

Mersin ekstrakt ve uçucu yağlarının Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler üzerine antibakteriyal etkileri Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda Gram pozitif bakterilerin mersin ekstrakt ve uçucu yağlarına Gram negatif bakterilere göre daha hassas olduğu tespit edilmiştir (Toaibia, 2015). Yapılan bir çalışmada mersin yaprağının etanol ekstraktının Gram pozitif mikroorganizmalar üzerine etkili

antimikrobiyal aktivite sağladığı (inhibisyon zonu= 9-25 mm), ancak Gram negatif bakteriler üzerine inhibitif etki göstermediği belirlenmiştir (Mir vd., 2020). Diğer bir çalışmada mersin yapraklarının su ve metanol ekstraktlarının *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, metisilin dirençli *S. aureus* ve *Escherichia coli* üzerinde inhibitif etkiye sahip olduğu, inhibitif etkinin ekstrakt konsantrasyonu arttıkça arttığı tespit edilmiştir (Abdulqawi ve Quadri, 2021).

Çizelge 3. Mersinin antibakteriyal etkisinin incelendiği bazı çalışmalar

Ekstrakt/ uçucu yağ	Test kültürleri	Antibakteriyal etki	Kaynak			
Yaprak Etanol Ekstraktı	<i>Staphylococcus aureus</i>	MİK değeri (µg/mL)* 125	Raeiszadeh vd., 2018			
	<i>Micrococcus luteus</i>	4000				
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1000				
	<i>Bacillus subtilis</i>	125				
	<i>Escherichia coli</i>	4000				
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8000				
Yaprak Metanol veya Su Ekstraktı	<i>S.aureus</i>	MİK değeri (mg/mL) 0.781	Abdulqawi ve Quadri, 2021			
	Metisilin dirençli <i>S. aureus</i>	0.781				
	<i>P. aeruginosa</i>	0.781				
	<i>Proteus mirabilis</i>	0.781				
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0.781				
	<i>E. coli</i>	1.563				
Yaprak ekstraktı	etanol	MİK değeri	MBK değeri	Zon çapı	Mir vd., 2020	
		(µg/mL)	(mg/mL)**	(mm)		
		<i>S. aureus</i>	9.7	0.3		25
		<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	4.87	20		15
		<i>Enterococcus faecalis</i>	19.5	5		9
		<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	78	5		9
		<i>Mycobacterium smegmatis</i>	19.5	1.2		17.6
		<i>E. coli</i> ATCC 25922	-	-		-
<i>K. pneumoniae</i>	-	-	-			
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 9027	-	-	-			
<i>Salmonella typhi</i>	-	-	-			
Meyve uçucu Yağı	<i>S. aureus</i> <i>S. epidermidis</i> <i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Moraxella catarrhalis</i> <i>B. subtilis</i> <i>Enterobacter aerogenes</i> <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> Typhimurium <i>Shigella flexneri</i> <i>K. pneumoniae</i> <i>P. auregenosa</i>	MİK değeri (mg/mL)			Toaibia, 2015	
		1.125				
		2.25				
		0.563				
		4.5				
		9.0				
		18.00				
		1.125				
		4.5				
		4.5				
4.5						
18.0						

Çizelge 3. devam

Ekstrakt/ uçucu yağ	Test kültürleri	Antibakteriyal etki	Kaynak
Yaprak metanol ekstraktı/Yaprak su ekstraktı	<i>Aggregatibacter</i>	≤0.19 / 0.39	Dib vd., 2021
	<i>actinomycetemcomitans</i> klinik suşu		
	<i>A.actinomycetemcomitans</i> Y4 ATCC 43718	≤0.19 / 0.39	
	<i>Eikenella corrodens</i> klinik suş 1	≤0.19 / 0.19	
	<i>E. corrodens</i> klinik suş 3	0.39 / 0.39	
		MİK değeri (%)	
Yaprak ve gövde uçucu yağı	<i>S. epidermidis</i>	0.25	Chraïbi vd. 2019
	<i>Salmonella enterica</i>	4	
	<i>Acinetobacter baumannii</i>	4	
		Zon çapı (mm)	
Dal uçucu yağı	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	17.85	Mohamadi vd., 2021
	<i>S. enterica</i> ATCC 35659	15.93	
	<i>P. mirabilis</i>	15.70	
	<i>E. coli</i> ATCC 25922	15.69	
	<i>K. pneumoniae</i> ATCC 700603	7.43	
	<i>Serratia liquefaciens</i>	6.33	
		Zon çapı (mm)	
Çiçek uçucu yağı	<i>B. subtilis</i>	18	Dhifi vd., 2020
	<i>Bacillus cereus</i>	22	
	<i>S. aureus</i>	20	
	<i>S. epidermidis</i>	15	
	<i>E. faecalis</i>	15	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	22	
	<i>S. enterica</i>	16	
	<i>E. coli</i>	14	
	<i>P. aeruginosa</i>	15	
Yaprak uçucu yağı	<i>K. pneumoniae</i>	11	El Hartiti vd. 2020
	<i>A. baumannii</i>	15	
	<i>S. aureus</i>	18	
	<i>P. aeruginosa</i>	-	
	<i>E.coli</i>	-	
	<i>S. epidermidis</i>	11	
Yaprak etanol ekstraktı	<i>E.coli</i>	20.16	Douhri vd., 2017
Yapraktan ekstrakte edilen flavonoid/alkoloid /terpenoid (200mg/mL)	<i>S. aureus</i>	30 / 24 / 20	Sharara vd., 2021
	<i>E. coli</i>	30.66 / 30 / 15	
	<i>E. faecalis</i>	32 / 29 / 21.66	
	<i>K. pneumoniae</i>	29.66 / 30 / 20.66	
Nano-enkapsüle edilmiş mersin sürgünü uçucu yağı		İnhibisyon zonu (%)	Falleh vd., 2021
	<i>E. coli</i>	89.57-92.88	
	<i>B. subtilis</i>	25.48-27.55	

*MİK: Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu,

**MBK:Minimum Bakterisidal Konsantrasyonu

Dhifi vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, mersin çiçeği uçucu yağının *Bacillus cereus* ve *Listeria monocytogenes* için 22 mm ile en geniş inhibisyon zonu, *E. coli* için ise en dar inhibisyon zonu (14 mm) oluşturduğu belirlenmiştir. Mersin dal, yaprak ve çiçeklerinden elde edilen uçucu

yağın 17.85 mm (ortalama inhibisyon zon çapı) ile en etkili olduğu mikroorganizmanın *S. aureus* olduğu saptanmış, en düşük inhibitif etkinin ise 6.33 mm'lik ortalama inhibisyon zon çapı ile *Serratia liquefaciens*'de görüldüğü ortaya konmuştur (Mohamadi vd., 2021). Ben Hsouna vd. (2014)

tarafından yapılan çalışmada ise mersin yaprak uçucu yağının inhibitif etkisi araştırılmış ve en etkin antimikrobiyal aktivitenin 0.625 mg/mL minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) değeri ile *B. cereus* ATCC 14579 ve *S. aureus* ATCC 6536'da görüldüğü belirlenmiştir. Mersin yaprak etanol ekstraktının farklı mikroorganizmalar üzerine inhibitif etkisinin incelendiği bir çalışmada ise en yüksek inhibitif etkinin *Bacillus subtilis* ve *S. aureus*'ta (125 µg/mL), en düşük etkinin ise *P. aeruginosa*'da (8000 µg/mL) görüldüğü tespit edilmiştir (Raeszadeh vd., 2018)

Mersin bitkisinin antifungal aktivitesi

Literatürdeki mevcut çalışmalarda mersin ekstrakt ve yağlarının antibakteriyel etkilerinin yanı sıra küf ve mayalar üzerine inhibitif etki gösterdiği ortaya konmuştur (Çizelge 4). Mersin yaprağı uçucu yağının *Candida* türleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada MİK₅₀ (mikroorganizmaların %50'sini inhibe eden konsantrasyon) değerlerinin 0.03 ile 1.0 µL/mL arasında değiştiği, ayrıca çalışmada incelenen *Aspergillus* spp.'de bu değer 4-16 µL/mL olduğu saptanmıştır (Zomorodian vd., 2013).

Çizelge 4. Mersinin antifungal etkisinin incelendiği bazı çalışmalar

Ekstrakt/uçucu yağ	Test kültürleri	Antifungal aktivite	Kaynak
Yaprak etanol ekstraktı	<i>Macrophomina phaseolina</i>	%67.77	Hantoosh vd., 2021
<u>MİK (µl/mL)</u>			
Yaprak uçucu yağı	<i>Candida albicans</i>	0.25 – 2	Zomorodian vd., 2013
	<i>Candida glabrata</i>	0.03 – 1	
	<i>Candida krusei</i>	0.25	
	<i>Candida tropicalis</i>	0.06 – 4	
	<i>Candida parapsilosis</i>	0.06 - 2	
	<i>Candida guilliermondii</i>	1	
	<i>Candida dubliniensis</i>	0.06 – 1	
	<i>Aspergillus</i> spp.	4 – 16	
Uçucu yağ	<i>Malassezia</i> sp.	15.625-125	Barac vd., 2017
<u>Zon çapı (mm)</u>			
Yaprak ekstraktı	su <i>C. albicans</i>	14	Belmimoun vd., 2020
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	10	
Yaprak uçucu yağı	<i>C. albicans</i>	10.5	
	<i>A. fumigatus</i>	8.5	
Kök ekstraktı	metanol <i>C. albicans</i>	4.0	Alyousef, 2021
	<i>C. glabrata</i>	23.5	
	<i>Candida kefir</i>	-	
	<i>C. parapsilosis</i>	-	
	<i>C. tropicalis</i>	5.2	

Belmimoun vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, *Myrtus communis* yapraklarının su ekstraktı ve uçucu yağının *Aspergillus fumigatus* ve *Candida albicans* üzerine antifungal etkisi araştırılmış *A. fumigatus* ve *C. albicans* için sırası ile su ekstraktının 10 mm ve 14 mm inhibisyon zon çapları oluşturduğu, mersin uçucu yağında ise bu değerlerin 8.5 mm ve 10.5 mm olduğu ortaya konmuştur. Çalışmada, su ekstraktındaki fenolik bileşenlerin serbest hidroksil grupları nedeni ile sulu ortamda daha iyi çözdüğü için, su ekstraktının

uçucu yağa kıyasla daha etkin antifungal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

Kordalı vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, 4 farklı genotipteki meyvelerin uçucu yağlarının farklı fungi üzerine antifungal aktivitesi araştırılmış, çalışmada hife gelişiminin inhibisyonu belirlenmiştir. En etkili antifungal aktivite %37.5 ile %100 arasında değişen inhibisyon oranları ile küçük-siyah yabancı meyvelerden elde edilen uçucu yağ uygulamasında görülmüştür. En yüksek

inhibitif etkinin *Rhizoctonia solani*, *Cladosporium herbarum* ve *Sclerotinia minor*'de görüldüğü, bu küflerde gelişiminin tamamen engellendiği, en geniş hife oluşumunun ise *Fusarium solani*'de (24.1 mm) olduğu tespit edilmiştir.

Thymus vulgaris L. (kekik), *Myrtus communis* L. (mersin), *Eugenia caryophyllata* (karanfil) ve *Citrus aurantifolia* (misket limonu) uçucu yağlarının *Aspergillus flavus* üzerine antifungal etkisinin incelendiği bir çalışmada en etkili yağların kekik ve karanfil olduğu, mersin yağının ise düşük antifungal etki gösterdiği ortaya konmuştur. Misket limonu yağının ise antifungal etki göstermediği saptanmıştır (Omidbaigi vd., 2007).

Mersin ekstrakt veya uçucu yağlarının gıdalarda kullanımı

Doğal antimikrobiyal madde olarak mersin ekstrakt ve uçucu yağlarının gıdalardaki potansiyel kullanımlarının araştırılmasına yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Djenane vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada *Eucalyptus globulus*, *Satureja hortensis* ve *Myrtus communis* uçucu yağlarının dana kıymasına inoküle edilmiş *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* üzerine inhibitif etkisi araştırılmıştır. 7 günlük depolama süresi sonunda mersin yaprak uçucu yağı uygulanmış örneklerdeki patojen sayılarının kontrol örneklerine kıyasla, yaklaşık 2.5 log birim daha az olduğu belirlenmiştir. İncelenen 3 uçucu yağ içerisinde mersinin orta seviyede, *S. hortensis*'in ise en etkili antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kıyma üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise, *L. monocytogenes* üzerine mersin çiçeği uçucu yağının tek başına ve nisin ile kombinasyonunun antimikrobiyal etkisi incelenmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki mersin yağı uygulamasının depolama süresince *L. monocytogenes* gelişimini inhibe ettiği ortaya konmuştur. Mersin yağı/nisin uygulamasının *L. monocytogenes* sayısını 2. günden sonra kontrol örneğine kıyasla 7.25 logaritmik birim azalttığı ve sayının 21 günlük depolama süresi boyunca sabit kaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada mersin çiçeği yağının antioksidan aktivitesinin konsantrasyona bağlı olduğu belirlenmiş ve IC₅₀ değeri 7.5 µg/ml olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kıymaya mersin uçucu yağı uygulamasının lipid

peroksidasyonunu geciktirdiği ortaya konmuştur (Dhifi vd., 2020). Isırgan otu, biberiye ve mersinin %0.4 oranındaki etanol ekstraktlarının kavurma üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri sırası ile %84.12, %87.10 ve %93.53 olarak belirlenirken, en yüksek fenolik içerik 5.20 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g ile mersin ekstraktında tespit edilmiştir. Yüksek antioksidan aktivitesine rağmen mersin yaprak ekstraktının etkili antimikrobiyal özellik göstermediği, ancak kavurmada lipid oksidasyonunu geciktiren en etkili ekstrakt olduğu belirlenmiştir. En etkili antimikrobiyal aktivite ise ısırgan otu ekstraktında gözlenmiştir (Sağır ve Turhan, 2013).

Mersin yaprağı uçucu yağı içeren yenilebilir kaplama uygulaması yapılmış çığ somon örneklerinde 10 günlük depolama sonunda *Pseudomonas fluorescens* ve *Pseudomonas orientalis* sayıları sırasıyla 5 ve 5.1 log birim düzeylerindeyken, kontrol örneklerinde ise sayıların 8 log birime kadar yükseldiği tespit edilmiştir (Myszka vd., 2020).

Mersin yaprağı su ekstraktı ilave edilmiş ve vakum paketlenmiş tavuk sosislerindeki mikrobiyal gelişiminin incelendiği bir çalışmada, depolama sonunda aerobik mikroorganizma sayıları kontrol örneklerinde 5.81 log koloni oluşturan birim (KOB)/g iken, %0.25 (v/v) ve %0.5 (v/v) mersin su ekstraktı ilave edilen sosislerde bu sayıların sırası ile 3.89 ve 3.18 log KOB/g olduğu saptanmıştır. Ayrıca, mersin ekstrakt ilavesinin sosis rengine olumlu etki ettiği, bu nedenle mersinin et ürünlerinde renk düzenleyici madde olarak kullanılabilceği rapor edilmiş, bunun yanı sıra mersin ekstraktı uygulamasının sosislerde lipid peroksidasyonunu stabil seviyede tuttuğu tespit edilmiştir (Amensour vd., 2015). Boroujeni ve Hojjatoleslami (2018) tarafından yapılan bir çalışmada da patates cipslerinin mersin uçucu yağı ilave edilmiş ayçiçek yağıyla kızartılmasının cipsin rengi ve tekstürü üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Dairi vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, zeytinyağına mersin etanol/su ekstraktından elde edilen fenolik bileşenler ilave edilerek son ürünün

antioksidan aktivitesi DPPH yöntemi ile incelenmiştir. Antioksidan aktivitenin mersin ekstraktı ile zenginleştirilmiş zeytinyağında (%95.0), ticari bir antioksidan olan bütil hidroksi tolüen (BHT) ilave edilmiş zeytinyağına (%48.7) göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Herhangi bir zenginleştirme işlemi uygulanmamış zeytinyağının antioksidan aktivitesi ise %44.3 olarak belirlenmiştir.

Mersin ekstrakt ve uçucu yağ uygulamalarının sebze ve meyvelerde kullanımı üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Gündüz vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada mersin yaprağı uçucu yağının domates ve marula inoküle edilmiş *Salmonella Typhimurium* üzerine etkisi araştırılmış, domates ve marulu 20 dakikaya kadar suyla yıkamanın, yüzeydeki *S. Typhimurium* popülasyonlarını 0.24 ve 0.80 log oranında azalttığı belirlenmiş, 750 mg/L uçucu yağ içeren su ile yıkanan marullarda 1.04-1.42 logaritmik birimlik, 1000 mg/L uçucu yağ içeren su ile yıkanan domateslerde ise 0.89-1.89 logaritmik birimlik azalma tespit edilmiştir. Modifiye atmosferde paketlenen çileklere mersin uçucu yağı uygulamasının antimikrobiyal etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise, antimikrobiyal etkinin konsantrasyona bağlı olduğu rapor edilmiştir. %0.5 (v/v) mersin uçucu yağı ile depolamanın 6. günden itibaren toplam canlı mikroorganizma sayılarında 0.33 ve 1.14 log azalma sağladığı, bu uygulamanın %0.1 (v/v) oranında uçucu yağ uygulamasına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Ulukanlı ve Öz, 2015). Fadda vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, mersin yaprağı etanol/su ekstraktı uygulamasının depolama süresince mandalinalara inoküle edilmiş *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* üzerine inhibitif etkisi incelenmiştir. Kontrol örneklerindeki küflenme oranları 12 günlük depolama süresi sonunda *P. digitatum* ve *P. italicum* için sırasıyla %99.45 ve %75 iken, mersin ekstraktı uygulanmış mandalinalarda küflenme yüzdeleri *P. digitatum* için %52.22-68.33, *P. italicum* için ise %53.94-72.62 olarak belirlenmiştir.

Mersin uçucu yağlarının biyolojik aktiviteleri kullanılan test mikroorganizmalarına ve kimyasal kompozisyonlarına bağlı olarak düşük ile orta

seviye arasında değişmektedir (Hennia vd. 2019). Diğer yandan, mersin fenolik bileşenlerinin sızma zeytinyağına ilave edilmesi ile antioksidan aktivitenin arttığı ve fosfolipid peroksidasyonunu inhibe ettiği için potansiyel fonksiyonel gıda olabileceği rapor edilmiştir (Dairi vd., 2017).

SONUÇ

Akdeniz ikliminde yetişen ve ülkemizde de doğal olarak bulunabilen mersin (*Myrtus communis* L.) likör üretiminden sağlık sektörüne kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalar mersin ekstrakt ve uçucu yağlarının etkili antioksidan, antibakteriyel ve antifungal aktivitelere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Mersin fenolik içeriği, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi; analiz için kullanılan bitki kısımları, yetiştiği ülke, iklim, sıcaklık, nem, ürünlerin taze veya kurutulmuş olarak analiz edilmesi ve saklanma koşulları ile kullanılan çözücü, analiz süresi ve yöntemi gibi çeşitli etkenlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Yüksek fenolik içeriği, antioksidan aktivitesi ve antimikrobiyal özellikleri göz önüne alındığında, mersinin doğal antimikrobiyal ve antioksidan madde olarak kimyasalların yerine gıdalarda kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır. Ancak literatürde, mersin ekstrakt veya uçucu yağlarının model gıda uygulamalarının antioksidan aktivite, mikrobiyal gelişim veya patojen mikroorganizmalar üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar sınırlı olup, bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yazılmasında ve yayınlanmasında katkı sağlamışlardır. Makalenin hazırlanmasında başka kişi ve/veya kurumların katkısı yoktur.

KAYNAKLAR

Abdulqawi, L. N. A., Quadri, S. A. (2020). Antioxidant activity of yemeni plants, *Myrtus communis* L. and *Flemingia grahamiana* Wight Arn.

International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research, 17(4), 805-811.

Abdulqawi, L. N. A., Quadri, S. A. (2021). *In-vitro* antibacterial activities of extracts of yemeni plants *Myrtus communis* L. and *Flemingia grabamiana* Wight arn. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research*, 12(2): 956-962. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.12(2).956-62

Akyüz, M., Güzel, A., Elmastaş, M. (2019). Fatty acid composition and antioxidant capacity of myrtle (*Myrtus communis* L.). *Malaysian Applied Biology*, 48(5): 101–112.

Aleksic, V., Knezevic, P. (2014). Antimicrobial and antioxidative activity of extracts and essential oils of *Myrtus communis* L. *Microbiological Research*, 169(4), 240-254. DOI:10.1016/j.micres.2013.10.003

Alkaltham, M. S., Salamatullah, A. M., Özcan, M. M., Uslu, N., Hayat, K., Mohamed Ahmed, I. A. (2021). Influence of different drying methods on antioxidant activity, total phenol, and phenolic compounds of myrtle (*Myrtus communis* L.) fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), e15308. DOI:https://doi.org/10.1111/jfpp.15308

Alyousef, A. A. (2021). Antifungal activity and mechanism of action of different parts of *Myrtus communis* growing in Saudi Arabia against *Candida* spp. *Journal of Nanomaterials*, vol. 2021. DOI: https://doi.org/10.1155/2021/3484125

Alyousef, A. A., Husain, F. M., Arshad, M., Ahamad, S. R., Khan, M. S., Qais, F. A., ... Khan, S. (2021). *Myrtus communis* and its bioactive phytoconstituent, linalool, interferes with quorum sensing regulated virulence functions and biofilm of uropathogenic bacteria: In vitro and in silico insights. *Journal of King Saud University - Science*, 33(7), 101588. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101588

Amensour M., Sendra E., Abrini J., Pérez-Alvarez J. A., Fernández-López J. (2010). Antioxidant activity and total phenolic compounds of myrtle extracts Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos totales en extractos de myrtus. *CyTA Journal of Food*, 8:2, 95-101. DOI: 10.1080/19476330903161335

Amensour, M., Sendra, E., Pérez-Alvarez, J. Á., Abrini, J., Fernández-López, J. (2015). Effect of myrtle (*Myrtus communis*) extracts on storage stability of chicken frankfurters. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 4(1), 1-11. DOI: 10.6000/1927-3037.2015.04.01.1

Anwar, S., Ahmed, N., Al Awwad, N., Ansari, S. Y., Wagih, M. E. (2016). Myrtle (*Myrtus communis* L.) oils. Preedy, VR, (ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, (pp. 581-592). Academic Press.

Anwar, S., Crouch, R. A., Awadh Ali, N. A., Al-Fatimi, M. A., Setzer, W. N., Wessjohann, L. (2017). Hierarchical cluster analysis and chemical characterisation of *Myrtus communis* L. essential oil from Yemen region and its antimicrobial, antioxidant and anti-colorectal adenocarcinoma properties. *Natural Product Research*, 31(18), 2158–2163. DOI:10.1080/14786419.2016.1277346

Asik, S., Atbakan Kalkan, T., Topuz, A. (2021). Optimization of spray drying condition and wall material composition for myrtle extract powder using response surface methodology. *Drying Technology*, 1-14. DOI: 10.1080/07373937.2021.1914077

Atik, H., Bülbül, T., Özdemir, V., Avcı, G., Bülbül, A. (2020). Effect of myrtle (*Myrtus communis* L.) essential oil on oxidant–antioxidant balance in rats with propylthiouracil-induced hypothyroidism. *Journal of Food Biochemistry*, 44(12). DOI: https://doi.org/10.1111/jfbc.13498

Aykaç, A., Ozbeyli, D., Uncu, M., Ertaş, B., Kılınç, O., Şen, A., ... Sener, G. (2019). Evaluation of the protective effect of *Myrtus communis* in scopolamine-induced Alzheimer model through cholinergic receptors. *Gene*, 689, 194-201. DOI:10.1016/j.gene.2018.12.007

Babou, L., Hadidi, L., Grosso, C., Zaidi, F., Valentão, P., Andrade, P. B. (2016). Study of phenolic composition and antioxidant activity of myrtle leaves and fruits as a function of maturation. *European Food Research and Technology*, 242(9), 1447-1457. DOI:10.1007/s00217-016-2645-9

- Bahadırılı, N. P., Kahramanoğlu, İ., Wan, C. (2020). Exposure to Volatile Essential Oils of Myrtle (*Myrtus communis* L.) Leaves for improving the postharvest storability of fresh loquat fruits. *Journal of Food Quality*, 8, 1-10. DOI: 10.1155/2020/8857669
- Bakar, B., Çakmak, M., Özer, D., Karataş, F., Saydam, S. (2021). Some biochemical parameters of black and white *Myrtle communis* L. fruits subjected to different preservation methods. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 587-596. DOI: 10.29133/yyutbd.886684
- Bakhy, K., Belhachmi, T., Benabdelouahab, T., Tomi, F., Casanova, J., Paoli, M. (2021). Chemical variability of Moroccan myrtle oil. *Chemistry Biodiversity*, 18, e2100209. DOI: 10.1002/cbdv.202100209
- Barac, A., Donadu, M., Usai, D., Spiric, V. T., Mazzarello, V., Zanetti, S., ... Rubino, S. (2017). Antifungal activity of *Myrtus communis* against *Malassezia* sp. isolated from the skin of patients with *Pityriasis versicolor*. *Infection*, 46(2), 253-257. DOI: 10.1007/s15010-017-1102-4
- Bekhechi, C., Watheq Malti, C. E., Boussaïd, M., Achouri, I., Belilet, K., Gibernau, M., ... Tomi, F. (2019). Composition and chemical variability of *Myrtus communis* leaf oil from Northwestern Algeria. *Natural Product Communications*, 14(5), 1934578X19850030. DOI: 10.1177/1934578X19850030
- Belmimoun, A., Meddah, B., Meddah, A. T. T., Gabaldon, J., Sonnet, P. (2020). Antifungal activity of *Myrtus communis* and *Zygophyllum album* extracts against human pathogenic fungi. *European Journal of Biological Research*, 10(2), 45-56. DOI: 10.5281/zenodo.3751202
- Ben Hsouna, A., Hamdi, N., Miladi, R., Abdelkafi, S. (2014). *Myrtus communis* essential oil: chemical composition and antimicrobial activities against food spoilage pathogens. *Chemistry Biodiversity*, 11(4), 571-580. DOI: 10.1002/cbdv.201300153
- Boroujeni, L. S., Hojjatoleslami, M. (2018). Using *Thymus carmanicus* and *Myrtus communis* essential oils to enhance the physicochemical properties of potato chips. *Food Science Nutrition*, 6(4), 1006-1014. DOI: 10.1002/fsn3.597
- Bouaziz, A., Khenouf, S., Zarga, M. A., Abdalla, S., Baghiani, A., Charef, N. (2015). Phytochemical analysis, hypotensive effect and antioxidant properties of *Myrtus communis* L. growing in Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(1), 19-28. DOI: 10.1016/S2221-1691(15)30165-9
- Chraïbi, M., Fikri-Benbrahim, K., Edryouch, A., Fadil, M., Farah, A. (2019). Caractérisation chimique et activités antibactériennes des huiles essentielles de *Pelargonium graveolens* et *Myrtus communis* et leur effet antibactérien synergique. *Phytothérapie*. 19(3). DOI: 10.3166/phyto-2019-0208
- Contini, A., Di Bello, D., Azzarà, A., Giovanelli, S., D'Urso, G., Piaggi, S., ... Testi, S. (2020). Assessing the cytotoxic/genotoxic activity and estrogenic/antiestrogenic potential of essential oils from seven aromatic plants. *Food and Chemical Toxicology*, 138, 111205. DOI:10.1016/j.fct.2020.111205
- Çakmak, M., Bakar, B., Özer, D., Geckil, H., Karatas, F., Saydam, S. (2021). Investigation of some biochemical parameters of wild and cultured *Myrtus communis* L. fruits subjected to different conservation methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 983-993. DOI:10.1007/s11694-020-00692-x
- Dairi, S., Carbonneau, M. A., Galeano-Diaz, T., Remini, H., Dahmoune, F., Aoun, O., ... Madani, K. (2017). Antioxidant effects of extra virgin olive oil enriched by myrtle phenolic extracts on iron-mediated lipid peroxidation under intestinal conditions model. *Food Chemistry*, 237, 297-304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.106>
- Dejam, M., Farahmand, Y. (2017). Essential oil content and composition of myrtle (*Myrtus communis* L.) leaves from South of Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3), 869-872. DOI:10.1080/0972060X.2014.981599
- Dhifi, W., Jazi, S., El Beyrouthy, M., Sadaka, C., Mnif, W. (2020). Assessing the potential and safety of *Myrtus communis* flower essential oils as

- efficient natural preservatives against *Listeria monocytogenes* growth in minced beef under refrigeration. *Food Science Nutrition*, 8(4), 2076-2087. DOI:10.1002/fsn3.1497
- Dhouibi, I., Masmoudi, F., Bouaziz, M., Masmoudi, M. (2021). A study of the anti-corrosive effects of essential oils of rosemary and myrtle for copper corrosion in chloride media. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(2), 102961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.102961>
- Dib, K., Cherrah, Y., Rida, S., Filali-Maltouf, A., Ennibi, O. (2021). In vitro antibacterial activity of *Myrtus communis* L. and *Marrubium vulgare* L. leaves against *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* and *Eikenella corrodens*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8351332>
- Djenane, D., Yangüela, J., Amrouche, T., Boubrit, S., Boussad, N., Roncalés, P. (2011). Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Satureja hortensis* against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* in minced beef. *Food Science and Technology International*, 17(6), 505-515. DOI:10.1177/1082013211398803
- Douhri, H., Raissouni, I., Amajoud, N., Belmehdi, O., Benchakhtir, M., Tazi, S., ... Douhri, B. (2017). Antibacterial effect of ethanolic extracts of Moroccan plant against *Escherichia coli*. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(12), 4408-4414. DOI: 10.26872/jmes.2017.8.12.465
- Dönmez, İ. E., Salman, H. (2017). Yaban mersini (*Myrtus communis* L.) yaprak ve meyvelerinin uçucu bileşenleri. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4), 328-332. DOI:10.18182/tjf.348075
- Ebrahimi, F., Mahmoudi, J., Torbati, M., Karimi, P., Valizadeh, H. (2020). Hemostatic activity of aqueous extract of *Myrtus communis* L. leaf in topical formulation: in vivo and in vitro evaluations. *Journal of Ethnopharmacology*, 249, 112398. DOI:10.1016/j.jep.2019.112398
- El Hartiti, H., El Mostaphi, A., Barrahi, M., Ben Ali, A., Chahboun, N., Amiyare, R., ... Ouhssine, M. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Myrtus communis* leaves. *Karbala International Journal of Modern Science*, 6(3), 3. DOI: <https://doi.org/10.33640/2405-609X.1546>
- Fadda, A., Sarais, G., Lai, C., Sale, L., Mulas, M. (2021). Control of postharvest diseases caused by *Penicillium* spp. with myrtle leaf phenolic extracts: in vitro and in vivo study on mandarin fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(10), 4229-4240. DOI:10.1002/jsfa.11062
- Falleh, H., Jemaa, M. B., Neves, M. A., Isoda, H., Nakajima, M., Ksouri, R. (2021). Peppermint and myrtle nanoemulsions: Formulation, stability, and antimicrobial activity. *LWT-Food Science and Technology*, 152, 112377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112377>
- Giampieri, F., Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y. (2020). Myrtle (*Myrtus communis* L.) berries, seeds, leaves, and essential oils: New undiscovered sources of natural compounds with promising health benefits. *Food Frontiers*, 1(3), 276-295. DOI:10.1002/fft2.37
- González-de-Peredo, A. V., Vázquez-Espinosa, M., Espada-Bellido, E., Ferreiro-González, M., Amores-Arrocha, A., Palma, M., Barbero, G. F., Jiménez-Cantizano, A. (2019). Discrimination of myrtle ecotypes from different geographic areas according to their morphological characteristics and anthocyanins composition. *Plants*, 8, 328. DOI: 10.3390/plants8090328
- Gorjian, H., Amiri, Z. R., Milani, J. M., Khaligh, N. G. (2021). Preparation and characterization of the encapsulated myrtle extract nanoliposome and nanoniosome without using cholesterol and toxic organic solvents: A comparative study. *Food Chemistry*, 342, 128342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128342>
- Gündüz, G. T., Gönül, Ş. A., Karapinar, M. (2009). Efficacy of myrtle oil against *Salmonella Typhimurium* on fresh produce. *International Journal of Food Microbiology*, 130(2), 147-150. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.01.010
- Hantoosh, M. N. K., Salim, H. A., Mahdi, E. A., Hassan, K. A. (2021). Antifungal activity of *Saccharomyces cerevisiae* and *S. boulardii* and alcoholic extracts of *Populus euphratica* and *Myrtus communis*

- against *Macrophomina phaseolina* in vitro. *Indian Journal of Ecology*, 48 Special Issue (13), 222-226.
- Hashemipour, M. A., Lotfi, S., Torabi, M., Sharifi, F., Ansari, M., Ghassemi, A., Sheikhshoae, S. (2017). Evaluation of the effects of three plant species (*Myrtus communis* L., *Camellia sinensis* L., *Zataria multiflora* Boiss.) on the healing process of intraoral ulcers in rats. *Journal of Dentistry*, 18(2), 127.
- Hassan, H. A., El-Kholy, W. M., El-Sawi, M. R., Galal, N. A., Ramadan, M. F. (2020). Myrtle (*Myrtus communis*) leaf extract suppresses hepatotoxicity induced by monosodium glutamate and acrylamide through obstructing apoptosis, DNA fragmentation, and cell cycle arrest. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 23188-23198. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08780-7>
- Hennia, A., Nemmiche, S., Guerreiro, A., Faleiro, M. L., Antunes, M. D., Aazza, S., Miguel, M. G. (2019a). Antioxidant and antiproliferative activities of *Myrtus communis* l. essential oils from different algerian regions. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(6), 1488-1499. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1687335>
- Hennia, A., Nemmiche, S., Dandlen, S. Miguel, M.G. (2019b) *Myrtus communis* essential oils: insecticidal, antioxidant and antimicrobial activities: a review, *Journal of Essential Oil Research.*, 31:6, 487-545, DOI: 10.1080/10412905.2019.1611672
- Jabri, M. A., Marzouki, L., Sebai, H. (2018). Ethnobotanical, phytochemical and therapeutic effects of *Myrtus communis* L. berries seeds on gastrointestinal tract diseases: A review. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 124(5), 390-396. DOI:10.1080/13813455.2017.1423504
- Kaya, D. A., Ghica, M. V., Dănilă, E., Öztürk, Ş., Türkmen, M., Albu Kaya, M. G., Dinu-Pirvu, C. E. (2020). Selection of optimal operating conditions for extraction of *Myrtus communis* L. essential oil by the steam distillation method. *Molecules*, 25(10), 2399. DOI: 10.3390/molecules25102399
- Keven-Karademir, F., Avunduk, S. (2015). Antibacterial and antioxidant activity of *Myrtus communis* L. growing wild in Marmaris. *GIDA/The Journal of FOOD*, 40(4),193-199. DOI:10.15237/gida.GD15035
- Khodaie, S. A., Khalilzadeh, S. H., Emadi, F., Kamalinejad, M., Hajati, R. J., Naseri, M. (2021). Management of a diabetic foot ulcer with a Myrtle (*M. communis*) gel based on Persian medicine: A case report. *Advances in Integrative Medicine*, 8(3), 236-239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aimed.2020.08.008>
- Kordali, S., Usanmaz, A., Cakir, A., Komaki, A., Ercisli, S. (2016). Antifungal and herbicidal effects of fruit essential oils of four *Myrtus communis* genotypes. *Chemistry Biodiversity*, 13(1), 77-84. DOI:10.1002/cbdv.201500018
- Liang, C., Staerk, D., Kongstad, K. T. (2020). Potential of *Myrtus communis* Linn. as a bifunctional food: Dual high-resolution PTP1B and α -glucosidase inhibition profiling combined with HPLC-HRMS and NMR for identification of antidiabetic triterpenoids and phloroglucinol derivatives. *Journal of Functional Foods*, 64, 103623. DOI:10.1016/j.jff.2019.103623
- Mahboubi, M. (2017). Effectiveness of *Myrtus communis* in the treatment of hemorrhoids. *Journal of Integrative Medicine*, 15(5), 351-358. DOI:10.1016/S2095-4964(17)60340-6
- Malekute, J., Mirghafourvand, M., Samadi, K., Abbasalizadeh, F., Khodaei, L. (2019). Comparison of the effect of *Myrtus communis* herbal and anti-hemorrhoid ointments on the hemorrhoid symptoms and quality of life in postpartum women with grade I and II internal hemorrhoid: A triple-blinded randomized controlled clinical trial. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 16(4). DOI: 10.1515/jcim-2018-0147
- Medda, S., Mulas, M. (2021). Fruit quality characters of myrtle (*Myrtus communis* L.) selections: Review of a domestication process. *Sustainability*, 13(16), 8785. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13168785>
- Medda, S., Sanchez-Ballesta, M. T., Romero, I., Dessena, L., Mulas, M. (2021). Expression of

- structural flavonoid biosynthesis genes in dark-blue and white myrtle berries (*Myrtus communis* L.). *Plants*, 10(2), 316. DOI:10.3390/plants10020316
- Messaoud, C., Boussaid, M. (2011). *Myrtus communis* berry color morphs: A comparative analysis of essential oils, fatty acids, phenolic compounds, and antioxidant activities. *Chemistry Biodiversity*, 8(2), 300-310. DOI:10.1002/cbdv.201000088
- Mir, M. A., Bashir, N., Alfaify, A., Oteef, M. D. (2020). GC-MS analysis of *Myrtus communis* extract and its antibacterial activity against Gram-positive bacteria. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1), 1-9. DOI: 10.1186/s12906-020-2863-3
- Mohamadi, Y., Lograda, T., Ramdani, M., Figueredo, G., Chalard, P. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of *Myrtus communis* essential oils from Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2), 933-946. DOI: 10.13057/biodiv/d220249
- Myszka, K., Sobieszczńska, N., Olejnik, A., Majcher, M., Szwengiel, A., Wolko, Ł., Juzwa, W. (2020). Studies on the anti-proliferative and anti-quorum sensing potentials of *Myrtus communis* L. essential oil for the improved microbial stability of salmon-based products. *LWT-Food Science and Technology*, 127, 109380. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109380
- Omidbaigi, R., Yahyazadeh, M., Zare, R., H. Taheri (2007). The *in-vitro* action of essential oils on *Aspergillus flavus*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10:1, 46-52, DOI: 10.1080/0972060X.2007.10643518
- Özcan, M. M., Al Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., Ghafoor, K. (2020). Antioxidant activity, fatty acid composition, phenolic compounds and mineral contents of stem, leaf and fruits of two morphs of wild myrtle plants. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1376–1382. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00387-3>
- Pereira, P., Cebola, M. J., Oliveira, M. C., Bernardo-Gil, M. G. (2016). Supercritical fluid extraction vs conventional extraction of myrtle leaves and berries: Comparison of antioxidant activity and identification of bioactive compounds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 113, 1-9. DOI:10.1016/j.supflu.2015.09.006
- Raeiszadeh, M., Esmaeili-Tarzi, M., Bahrapour-Juybari, K., Nematollahi-mahani, S. N., Pardakhty, A., Nematollahi, M. H., Mehrabani, M. (2018). Evaluation the effect of *Myrtus communis* L. extract on several underlying mechanisms involved in wound healing: An *in vitro* study. *South African Journal of Botany*, 118, 144-150. DOI:10.1016/j.sajb.2018.07.006
- Sağır, I., Turhan, S. (2013). The effect of ethanol extracts from nettle, rosemary and myrtle leaves on lipid oxidation and microbial growth of kavurma during refrigerated storage. *Food Science and Technology Research*, 19(2), 173-180. DOI:10.3136/fstr.19.173
- Sharara, D. T., Al-Marzoqi, A. H., Hussein, H. J. (2021). *In vitro* antibacterial efficacy of the secondary metabolites extracted from *Myrtus communis* L. against some pathogenic bacteria isolated from hemodialysis fluid. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 9267-9274.
- Siracusa, L., Napoli, E., Tuttolomondo, T., Licata, M., La Bella, S., Gennaro, M. C., ... Ruberto, G. (2019). A two-year bio-agronomic and chemotaxonomic evaluation of wild sicilian myrtle (*Myrtus communis* L.) berries and leaves. *Chemistry Biodiversity*, 16(3), e1800575.
- Sisay, M., Gashaw, T. (2017). Ethnobotanical, ethnopharmacological, and phytochemical studies of *Myrtus communis* Linn: A popular herb in Unani system of medicine. *Journal of Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, 22(4), 1035-1043. DOI:10.1177/2156587217718958
- Smeti, S., Tibaoui, S., Bertolin, J. R., Yagoubi, Y., Mekki, I., Joy, M., Atti, N. (2020). Effects of myrtle (*Myrtus communis* L.) essential oils as dietary antioxidant supplementation on carcass and meat quality of goat meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(3), 452-461. DOI:10.1111/jpn.13483
- Snoussi, A., Hayet, B. H. K., Essaidi, I., Zgoulli, S., Moncef, C. M., Thonart, P., Bouzouita, N. (2012). Improvement of the composition of

- Tunisian myrtle berries (*Myrtus communis* L.) alcohol extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(2), 608-614. DOI:10.1021/jf202883s
- Snoussi, A., Essaidi, I., Koubaier, H. B. H., Zrelli, H., Alsafari, I., Živoslav, T., ... Bouzouita, N. (2021). Drying methodology effect on the phenolic content, antioxidant activity of *Myrtus communis* L. leaves ethanol extracts and soybean oil oxidative stability. *BMC Chemistry*, 15(1), 1-11.
- Söke, P., Elmacı, Y. (2015). Siyah ve beyaz mersin (*Myrtus communis* L.) meyvelerinin şekerlemeye işlenmesi. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 13(1), 35-41.
- Şen, A., Kurkçuoğlu, M., Yıldırım, A., Dogan, A., Bitis, L., Baser, K. H. C. (2020). Chemical and biological profiles of essential oil from different parts of *Myrtus communis* L. subsp. communis from Turkey. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 85(1), 71-78.
- Tafreshi, S. A. H., Aghaie, P., Momayez, H. R., Hejaziyan, S. A. (2021). Response of in vitro-regenerated *Myrtus communis* L. shoots to PEG-induced water stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 34, 102033. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102033>
- Toaibia, M. (2015). Antimicrobial activity of the essential oil of *Myrtus communis* L. berries growing wild in Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 7(2), 150-162. DOI:10.4314/jfas.v7i2.1
- Ulukanlı, Z., Oz, A. T. (2015). The effect of oleum myrtle on the fruit quality of strawberries during MAP storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2860-2868. DOI:10.1007/s13197-014-1325-7
- Usai, M., Marchetti, M., Culeddu, N., Mulas, M. (2020). Chemotaxonomic evaluation by volatolomics analysis of fifty-two genotypes of *Myrtus communis* L. *Plants*, 9(10), 1288. DOI: 10.3390/plants9101288
- Uzun, H. İ., Aksoy, U., Gözlekçi, Ş., Yeğin, A. B., Selçuk, N. (2016). Siyah mersin (*Myrtus communis* L.)'in değişik ekolojilerde verim ve kalite özellikleri üzerine araştırmalar. *Derim*, 33(2), 159-174. DOI:10.16882/derim.2016.267376
- Yaman, B. K., Çevik, Ö., Yalman, K., Ertaş, B., Şen, A., Şener, G. (2020). *Myrtus communis* subsp. communis improved cognitive functions in ovariectomized diabetic rats. *Gene*, 744, 144616. DOI: 10.1016/j.gene.2020.144616
- Yangui, I., Younsi, F., Ghali, W., Boussaid, M., bMessaoud, C. (2021). Phytochemicals, antioxidant and anti-proliferative activities of *Myrtus communis* L. genotypes from Tunisia. *South African Journal of Botany*, 137, 35-45. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.09.040
- Zadeh, F. M. H., Khaleghi, M., Bordbar, S., Jafari, A. (2021). *Myrtus communis* extract: a bio-controller for microbial corrosion induced by sulphate reducing bacteria. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 56 (3), 269-278. DOI:10.1080/1478422x.2020.1850401
- Zomorodian, K., Moein, M., Lori, Z. G., Ghasemi, Y., Rahimi, M. J., Bandegani, A., Abbasi, N. (2013). Chemical composition and antimicrobial activities of the essential oil from *Myrtus communis* leaves. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 76-84. DOI:10.1080/0972060X.2013.764183



PROTEOMIC VIEW ON GLUTEN STRUCTURE IN DIFFERENT TYPES OF FLOUR AND BREAD SAMPLES BY USING BOTTOM UP PROTEOMICS AND FT-IR SPECTROSCOPY

Evrım Güneş Altuntaş^{1*}, Hatice Yıldızhan¹, Mohammad Reza Dastouri¹, Duygu Özel Demiralp²

¹ Ankara University Biotechnology Institute, Ankara, Turkey

² Dokuz Eylül University Oncology Institute, İzmir, Turkey

Received / Geliş: 24.12.2021; Accepted / Kabul: 23.03.2022; Published online / Online baskı: 30.03.2022

Güneş-Altuntaş, E., Yıldızhan, H., Dastouri, M.R., Özel-Demiralp, D (2021). Proteomic view on gluten structure in different types of flour and bread samples by using bottom up proteomics and ft-ir spectroscopy. *GIDA* (2022) 47 (2) 344-358 doi: 10.15237/gida.GD21155

Güneş-Altuntaş, E., Yıldızhan, H., Dastouri, M.R., Özel-Demiralp, D (2021). Farklı tipte un ve ekmek örneklerinde gluten yapısının proteomik ve FT-IR spektroskopisi araçları ile araştırılması. *GIDA* (2022) 47 (2) 344-358 doi: 10.15237/gida.GD21155

ABSTRACT

In the current study, some proteomic methods containing 2D-PAGE and FT-IR techniques were performed to screen gliadin, the subunit of gluten protein, and transformation between α and β sheet forms of this protein was evaluated. The protein concentration of the samples varied between flour types and also cooked form of these samples. We focused on Amide A, Amide I and phosphorylated protein regions on the spectrums achieved by FT-IR. Gliadin structure was dramatically differed when the raw material was formed in baked form. While Amide A vibration which is related to N-H stretching increased for the bread form of the white flour, Amide I which is related to C=O stretching decreased when the raw material changed in the cooked form. It can be concluded that the type of flour used in bread production and the type of baking were effective on gluten structure and amount of the final product.

Keywords: Gluten, gliadin, proteomics, 2D-PAGE, FT-IR

FARKLI TİPTE UN VE EKMEK ÖRNEKLERİNDE GLUTEN YAPISININ PROTEOMİK VE FT-IR SPEKTROSKOPİSİ ARAÇLARI İLE ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışma kapsamında; gluten proteininin alt birimi olan gliadin 2D-PAGE ve FT-IR tekniklerini içeren bazı proteomik yöntemler aracılığı ile araştırılmış ve bu proteinin α ve β yaprak formları arasında dönüşüm olduğu tespit edilmiştir. Denemelerde yer alan örneklerin protein konsantrasyonları un çeşidine ve örneklerin pişmiş formuna göre değişiklik göstermiştir. FT-IR ile elde edilen spektrumlarda Amid A, Amid I ve fosforile protein bölgeleri olmak üzere üç alan çalışılmıştır. Bu spektrum bilgisinden yola çıkarak, gliadin yapısının, ham maddenin ürüne dönüşme sürecinde önemli ölçüde farklılaştığı gözlenmiştir. Beyaz unun ekmek formunda N-H bağı ile ilgili

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: evrimgunes@gmail.com, egunes@ankara.edu.tr ☎: (+90) 312 222 5816 📠: (+90) 312 222 5872

Evrım Güneş Altuntaş; ORCID no: 0000-0003-4897-9388

Hatice Yıldızhan; ORCID no: 0000-0003-4915-6586

Mohammad Reza Dastouri; ORCID no: 0000-0003-3882-0728

Duygu Özel Demiralp; ORCID no: 0000-0001-8638-5180

Amid A titreşiminde artış gözlenirken, un örnekleri pişmiş forma dönüştüğünde C=O bağı titreşimi ile bağlantılı olan Amid I bölgesinde azalma tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarından yola çıkarak, ekmeğin üretiminde kullanılan un çeşidinin ve pişirme şeklinin nihai ürünün gluten yapısı ve miktarı üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Gluten, gliadin, proteomiks, 2D-PAGE, FT-IR

INTRODUCTION

Gluten is a protein in the structure of wheat, barley, rye and oat. This protein is responsible for the unique viscoelastic properties of wheat and the quantity/quality of proteins being strongly related to the bread-making quality of flour (Primo-Martin et al., 2003; Ronda et al., 2017). Gluten is digested by proteases in the human digestion system, the products of this metabolism are Pro/Gln-rich peptides of up to 30-40 amino acid length. Some part of gluten protein and peptides arrive to the large intestine and the microbiota of large intestine participate in the metabolism of gluten proteins (Caminero et al., 2014; Bascuñán et al., 2020). In large intestine the microbial activity on gluten proteins result with some metabolites which show inflammation effect on the intestinal wall. Gluten term refers to a protein complex contains gliadins (prolamins) and glutenins as major subunits. Both of these proteins have high proline and glutamine aminoacids, which are responsible from Coeliac Disease (Celiac Disease, CD) (Caminero et al., 2012; Dunaevsky et al., 2021). Gliadins which play a key role in CD contain around 40% glutamine and around 14% proline (Dziuba et al., 2014).

Gluten is the sticky part of dough, which obtained after washing the dough with water and separated from water soluble proteins; albumins and globulins. This protein complex has 15000-141000 Da molecular weight, forms from prolamin (gliadin) and glutenin and insoluble in water. It is known that the ratios of gliadin and glutenin in the gluten structure are almost equal (Artik, 1988).

Gliadin protein is controlled by six loci on chromosomes, which belong to the 1st and 6th homology groups of hexaploid *Triticum aestivum* L. genome. Gliadins are shown in α -, β -, γ -, ω - forms in acidic polyacrylamide gel electrophoresis (Dziuba et al., 2014; Solé-Jamault et al., 2022). While gliadin was detected on 2D gel image with

46 bands, only 8 bands were detected on 1D SDS gel (Artik, 1988).

Proteomic analysis emerged in the last two decades and among these methods, two dimensional (2-D) electrophoresis allow us to separate up to thousand proteins in an analyze (Dziuba et al., 2014). 1B-encoded ω -gliadins are located approximately at 50000 Da on 1D gel, and 1A-encoded ω -gliadins, α -gliadins, β -gliadins and the low molecular weight gluten subunits rank among 36000 to 48000 Da (DuPont et al., 2005).

Food allergy is an important health concern occurs with proteins resistant to heat, digestion, proteolysis and acid. Cereals are the good sources due to containing protein, fiber, vitamins and minerals. In the world, the most consumed crops are wheat, corn and rice. Among these crops solely wheat has a future to form dough due to having gluten in its structure (Shewry et al., 2002).

Most food allergies can be defined as IgE-mediated diseases, but Celiac Disease is known as cell-mediated disease of food intolerance (Diaz-Amigo and Yeung, 2010). The gliadin proteins have rich proline and glutamine content and humans inherently lack endopeptidases to cleave bonds between proline and glutamines. Gliadin can not be fully digested by digestive tract enzymes leads to the generation of many polypeptides, which are immunogenic to patients genetically susceptible to CD (Rajpoot and Makharia, 2013).

When making a gluten-free bread nutritional quality is significant and depends on the ingredients and additive combination, but also processing can provide a way to improve bread quality (Matos and Rosell, 2014). Additionally, the information about the threshold of gluten contamination in gluten-free products is essential to ascertain these products to guarantee a safe diet. A study performed to research this

confusion has offered the limit of 20 ppm for products naturally gluten-free and of 100 ppm for products rendered gluten-free in order to provide a safe diet (Gibert et al., 2006). So, the gluten-free products are not supposed to be fully gluten-free and the processes, making these products less gluten containing are desired to date.

Wheat starch and wheat gluten has technological properties as dough strengtheners, stabilizers, thickeners, surface finishing agents, texturizing agents (Diaz-Amigo and Yeung, 2010). But 30% of human population, carry HLA-DQ2 and DQ8 genes which are responsible from CD. Although the people having these genes are 30% of the total population, only 3% of them develop this disease (Caminero et al., 2015). This means that, environmental factors have a significant role to display Coeliac Disease. The CD is known as a chronic small intestinal immune-mediated enteropathy caused by gluten proteins. The current remedy for dealing with the CD is a strict lifelong gluten-free diet (Caminero et al., 2014). The flours produced for CD patients generally combined of corn flour, rice flour or buckwheat flour supplemented with xanthan gum. According to the literature, there is a tendency to remove gluten from daily diet due to causing some diseases and obesity. Currently gluten-free product industry should find new technologies to suffice this demand and the first step of this rank is certainly understanding the alterations in the gluten structure during the process (Gomez and Sciarini, 2015; Stantiall and Serventi, 2017).

The CD was believed to be a rare disease, now it is accepted as a global disease and affects almost 0.6-1.% of the World population. This disease is now emerging in the East and Asian countries after Europe, USA and Middle East (Rajpoot and Makharia, 2013). Today besides CD, people suffer from non-coeliac gluten sensitivity as well (Volta et al., 2013). CD disease is emerging in Turkey and the other countries and has also become a public health problem. While there is a great amount of patients with CD disease, to date only a fraction of them have been diagnosed. Some of the key issues in management of CD disease, it is vital to provide reliable industrial production and

affordable gluten-free food, and food labeling of gluten contents (Rajpoot and Makharia, 2013).

We performed some proteomic methods containing 2D-PAGE and FT-IR techniques to screen gliadin, the subunit of gluten protein, and we evaluated transformation between α and β sheet forms of this protein. In the current study, the overall aim was to exhibit the effects of raw material (flour) and the baking method on the gluten structure and amount of gluten in bread.

MATERIALS AND METHODS

Material

The materials of this study were flour and bread samples. While the flour and commercial bread samples were obtained from local markets in Ankara-Turkey; white bread (made from white flour) and whole wheat bread (made from whole wheat flour) was produced by lab-scale production. The samples were selected in order to screen the effect of the raw material and cooking method on the α - and β -gliadin forms of the gluten protein. The commercial whole wheat bread and commercial stone oven whole wheat bread ingredients were same and contained; whole wheat flour (100%), water, cracked wheat, yeast, wheat sour, salt, preservative (calcium propionate, sorbic acid), antioxidant (ascorbic acid) (the proportions of the ingredients in the products are not known due to the commercial nature of the products).

The samples used in the study are seen in Table 1.

As it is seen on the Table 1, we had a chance to compare the raw materials (sample 3 and 5) and their breads (sample 2 and 4). Furthermore, we could also exhibit the differences between the baking style of whole wheat breads (samples 1 and 6).

All of the reagents used in the study were proteomics or molecular biology grade. Glycerol and agarose were from Sigma-Aldrich (St Louis, Missouri), ampholytes and dithiothreitol (DTT) were from Fluka (St Gallen, Switzerland), bovine serum albumin (BSA) was from Thermo Scientific (Rockford, Illinois), 3-[(3-cholamidopropyl)dimethylammonio]-1-

propanesulfonate (CHAPS) was from Amresco (Solon, Ohio), sequencing grade modified porcine trypsin (Promega, Madison, WI, USA), trifluoro acetic acid (TFA) (Supelco, Bellefonte, USA), substance P, angiotensin, renin, ACTH (adrenocorticotrophic hormone), glu-fib (glu-1-

fibrinopeptide B) (Sigma, St. Louis, USA) and protein ladder was from New England BioLabs (UK). Pro-Q Diamond and Pro-Q Emerald were from Life Technologies (Thermo-Fisher Scientific, USA). Other reagents and chemicals were purchased from Bio-Rad (USA).

Table 1. The samples used in this project study

	Sample	Source
1	Commercial whole wheat bread	Obtained from local market
2	The white bread made from sample 3	Made in lab scale
3	Wheat flour	Obtained from a local market
4	Whole wheat bread made from sample 5	Made in lab scale
5	Whole wheat flour	Obtained from local market
6	Commercial whole wheat stone oven bread	Obtained from local market

Methods

Lab-scale bread making

The breads produced by white flour and whole wheat flour contained 500 g flour, 350 mL water, 30 g salt, 20 g sugar, 20 g lyophilized yeast. After the dough mixture was fermented for 1 hour, it was baked at 250°C for 30 minutes. For the bread making procedure, the method offered by Salvador et al. (2006) was used with some modifications.

Gliadin isolation from flour and bread samples

In order to isolate gliadin from the samples the method offered by Di Cagno et al., (2002) was performed. Tris-HCl buffer (pH:8.8 and 50 mM) was added to 1 g of the sample (during sampling, the bread samples were first crushed and homogenized) and then incubated at 4 °C for 1 hour. The sample was vortexed every 15 minutes and this step was repeated twice. At the end of the time, the mixture was centrifuged at 20000 x g for 20 minutes and the supernatant containing albumins and globulins were removed. Pellet was resuspended with 75% ethanol and incubated at room temperature. The mixture was vortexed every 15 minutes and then centrifuged at the same conditions. The supernatant which contains the gliadin proteins was separated in another tube and preserved at 4 °C until used for the further experiments.

Quantitation of protein with Bradford Method

After gliadin isolation, the solution was concentrated by using Millipore 0.5K

ultrafiltration tubes and Bradford Assay (Bradford, 1976) was used for protein concentration measurement.

Two-dimensional gel electrophoresis (2D-PAGE)

2D-PAGE experiments were performed with 7 cm linear immobilized pH gradient (IPG) strips (pH 3-10, Bio-Rad). We have six groups which are commercial whole wheat bread, white flour bread, white flour, lab-scale made whole wheat bread, whole wheat bread flour and commercial traditional stone oven made whole wheat bread. Each group was studied by three technical replications. The Bradford assay results provided the protein amounts of the samples and the proportions of the samples which includes 40 ug protein amount were prepared and uploaded onto the IPG strips and rehydrated at 50V by using a Protean IEF Cell (Bio-Rad) at room temperature. After that IEF part was performed (250 V for 15 minutes, 4 kV for 3 hours and 4 kV until reaching 20 kV/h). Just before second dimensional separation IPG strips were incubated with equilibration buffer I (6 M urea, 0.375 M Tris-HCl, pH 8.8, 2% SDS, 20% glycerol, and 2% DTT) for 15 minutes on a shaker at room temperature and then an additional incubation was done for 15 minutes with equilibration buffer II (6 M urea, 0.375 M Tris-HCl, pH 8.8, 2% SDS, 20% glycerol, and (2.5% iodoacetamide, bromophenol blue). The strips were loaded onto polyacrylamide gels (4% stacking and 12.5% running gels) for the second dimensional

separation which was done with Mini Protean 3 Cell (Bio-Rad, USA) by 100 V for 15 minutes and 150 V until the bromophenol blue dye reached to the bottom of the gels. Gels were stained with Oriole Fluorescent Gel Stain (Bio-Rad) for 90 minutes.

Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy Application

The liquids that were contained gliadin (solubilized in ethanol) were frozen at -80°C for twelve hours. After freezing, gliadin samples were lyophilized with Millrock Technology freeze-drier. Lyophilized powder was loaded ATR-FT/IR and the spectra were recorded on a Bruker Tensor 27 FT-IR spectrophotometer using an ATR-FT/IR cell, the internal reflection element of which was a ZnSe plate. Spectra were recorded as the average of 64 scans at 4 cm^{-1} resolution, using the empty cell as blank. In all cases, sample analyses were performed as triplicate.

Statistical Analysis

Significant differences between samples were calculated using t-test analysis (SPSS Statistics 24.0) The p value < 0.05 was considered as significant.

RESULTS AND DISCUSSION

Quantitation of Proteins and 2D-PAGE Results

As it declared in the literature, white wheat flour contains about 80% starch and 10% protein. The indigestible oligosaccharides (fructo-oligosaccharides and fructans) constitute 13.4 % of the dietary fiber in wheat. Among wheat proteins, gluten constitutes 80% of the total protein, and comprises two major groups: the glutenins and the gliadins (prolines) (El-Salhy et al., 2015). It is known that gliadins responsible for allergenic reactions, therefore this protein were focused on the current study (Czaja-Bulsa and Bulsa, 2017). Bradford Assay was performed after gliadin isolation in order to screen the protein concentration of the samples and the results were evaluated within the framework of raw material and products. During the bread making, it was required to add additional materials such as yeast, salt, sugar and water and use different baking

methods, so we observed different protein values from different samples. It is expected that the protein quantity is halved after baking process which means bread will contain only 50% of the total protein of the raw material, flour (Sivam et al., 2010). In bakery different temperatures and time applications are used to produce breads. In our study, it was observed that the baking process caused a decrease in the amount of protein. As it is seen in Table 2; when compared the white bread sample (0.5 ug/mL protein content) and white wheat flour (1.9 ug/mL); there is a 73.7% protein loss during bread making process. Similarly, 31.5% loss was detected for the cooked form (whole wheat bread) of the whole wheat flour. The protein contents of the samples were evaluated with t-test (Table 3). As it is seen on the Table 3, it was observed that both raw materials had the same amount of protein content. However the lab-scale made bread samples (sample 2 and sample 4) had significantly different amount of protein from their raw materials (sample 3 and sample 5, respectively) ($p < 0.05$). When the sample 1 (commercial whole wheat bread) and sample 6 (commercial stone oven whole wheat bread) were compared, it can be concluded that these samples were statistically different from each other on protein content, amide A, amide I and phosphorylated protein regions ($p < 0.05$) (Table 4, 5 and 6). As it is declared in "Material" section, these two commercial bread samples ingredients were same but the cooking style was different; sample 1 was baked by a standard oven while the sample 6 was baked by a stone oven.

In the bakery, loaf quality is related the quality and quantity of gluten protein of the raw material. Therefore gluten-free diet needs to a substitute material to create the fixed, open foam crumb structure. Xanthan and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) are the hydrocolloids used in bakery to increase gas retention and loaf volume. While HPMC has ability to improve gluten-free loaf quality by increasing loaf volume and reducing crumb hardness of the rice cassava bread without the addition of alternative proteins, xanthan can increase dough elasticity and reduce extensibility (Crockett et al., 2011; Gomez and

Gluten structure in flour and bread samples

Sciarini, 2015). Some additives like enzymes and other proteins are used to improve the quality of gluten-free breads, but the combinations and the

proper amounts need to be optimized to reduce the cost and to enhance the overall consumer acceptability (Smerdel et al., 2012).

Table 2. The protein concentration results after gliadin isolation (1; commercial whole wheat bread, 2; White flour bread, 3; White flour, 4; house-made whole wheat bread, 5; whole wheat bread flour, 6; commercial traditional stone oven made whole wheat bread)

Sample Name	Protein Concentration (ug/ml)	Sample Name	Protein Concentration (ug/ml)
1	1.3±0.13	4	1.3±0.06
2	0.5±0.06	5	1.9±0.03
3	1.9±0.13	6	0.8±0.06

Table 3. The comparison of the samples with t-test analysis to screen the amount of protein differences of the samples in the raw material, baking method and the return of the raw material to the cooked form frame.

Comparison criteria	Sample pairs included to test	t-test value	Interpretation of p value	Result
Raw material difference	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 5 (Whole wheat flour)	1	p=1	No difference
Baking method	Sample 1 (Commercial whole wheat bread) and Sample 6 (Commercial whole wheat stone oven bread)	0.013	p<0.05	Significant
Comparison of raw material with baked form	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 2 (The white bread made from sample 3)	0.015	p<0.05	Significant
	Sample 5 (Whole wheat flour) and Sample 4 (Whole wheat bread made from sample 5)	0.002	p<0.05	Significant

Table 4. The comparison of the samples with t-test analysis to screen the Amide I region differences of the samples in the raw material, baking method and the return of the raw material to the baked form frame.

Comparison criteria	Sample pairs included to test	t-test value	Interpretation of p value	Result
Raw material difference	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 5 (Whole wheat flour)	0.312	p > 0.05	Not significant
Baking method	Sample 1 (Commercial whole wheat bread) and Sample 6 (Commercial whole wheat stone oven bread)	0.030	p<0.05	Significant
Comparison of raw material with baked form	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 2 (The white bread made from sample 3)	0.016	p<0.05	Significant
	Sample 5 (Whole wheat flour) and Sample 4 (Whole wheat bread made from sample 5)	0.065	p>0.05	Not Significant

Table 5. The comparison of the samples with t-test analysis to screen the Amide A region differences of the samples in the raw material, baking method and the return of the raw material to the baked form frame.

Comparison criteria	Sample pairs included to test	t-test value	Interpretation of p value	Result
Raw material difference	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 5 (Whole wheat flour)	0.074	$p > 0.05$	Not significant
Cooking method	Sample 1 (Commercial whole wheat bread) and Sample 6 (Commercial whole wheat stone oven bread)	0.023	$p < 0.05$	Significant
Comparison of raw material with cooked form	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 2 (The white bread made from sample 3)	1.96072E-18	$p < 0.05$	Significant
	Sample 5 (Whole wheat flour) and Sample 4 (Whole wheat bread made from sample 5)	1	$p = 1$	No difference

Table 6. The comparison of the samples with t-test analysis to screen the phosphorylated protein region differences of the samples in the raw material, baking method and the return of the raw material to the baked form frame.

Comparison criteria	Sample pairs included to test	t-test value	Interpretation of p value	Result
Raw material difference	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 5 (Whole wheat flour)	1	$p = 1$	No difference
Baking method	Sample 1 (Commercial whole wheat bread) and Sample 6 (Commercial whole wheat stone oven bread)	0.035	$p < 0.05$	Significant
Comparison of raw material with baked form	Sample 3 (Wheat flour) and Sample 2 (The white bread made from sample 3)	1.04488E-32	$p < 0.05$	Significant
	Sample 5 (Whole wheat flour) and Sample 4 (Whole wheat bread made from sample 5)	1	$p = 1$	No difference

As we saw in the current study, while the gluten protein amount was detected same for both white flour and whole wheat flour; the protein concentrations of the bread samples produced by these raw materials were different from each other. This result may indicate, the process and

the raw material of the bread can effect the protein structure of the final product. We showed in this study although the raw material contains the same amount of protein, their products can be differ from each other on the protein amount and the structure. Besides, raw material protein

content and the structure can be changed among the baking process (Table 2). These results are important and exhibits a chance to select an alternative application ways to produce low-gliadin/gluten-content products for the consumers which suffer from CD. A similar declaration was reported by Stantiall and Serventi, (2017). Although they searched about the effect of the parameters on the glycemic index, they reported the bread developed with several emulsifiers, vegetable margarine and egg contained a much higher proportion of readily digestible starch and combination of ingredients, processing and technology.

The wheat flour proteins are composed by mostly gliadins, albumins and globulins. These proteins can be separated by using solubility in solutions such as water, salt or alcohol. After isolation of the target protein one-dimensional methods, 2D-PAGE or HPLC should be applied

to exhibit protein purity or quantity (DuPont, Chan, Lopez, & Vensel, 2005). Basically gluten proteins or prolamins are the storage proteins of wheat (*Triticum aestivum* L.) and are insoluble in water, but can be divided into alcohol soluble gliadins and alcohol insoluble glutenins (Lagrain et al., 2013).

In literature, the quality of the wheat is thought to be in correlation with glutenin subunits. Liu et al., (2012) searched about glutenin accumulation patterns and their relationships with wheat quality for three wheat cultivars (Jimai 20, Jin 411 and Zhoumai 16). They reported there is a possible relationship between low molecular weight glutenin subunits and gluten quality. They also declared that 2D-PAGE technique was more efficient than SDS-PAGE. In our study we also chosed to perform 2D-PAGE analysis to exhibit protein spots (Figure 1).

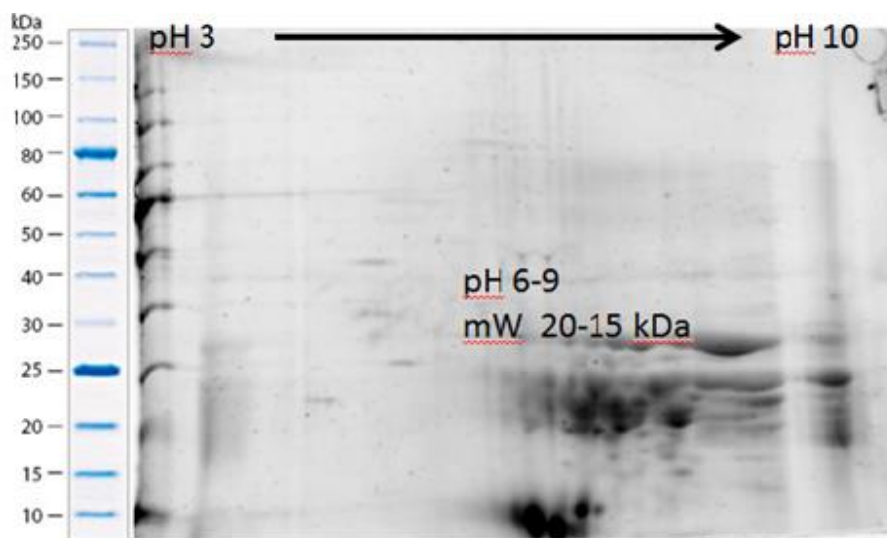


Figure 1. Gliadin protein profile that is separated by 2D-PAGE; General profile of gliadin which isolated from lab scale made bread by wheat flour.

According to the PDQuest analysis, 143 spots were matched from six groups and both upregulation/ downregulation of expression levels and presence/ absence of protein spots between groups were determined. Protein spots are mostly distributed around pH 6 - 9. In the current study, 2D-PAGE experiment was performed to see gliadin isolation success and also

to observe differences between sub-groups of the samples. According to Secundo and Guerrier, (2005), protein profile of our isolated proteins was similar with pure gliadin proteome. Therefore it is possible to say our protein solution contains mostly gliadin. But it is required to perform mass spectrometry application to identify protein spots content.

In addition to that the proteom profile of the groups (1; commercial whole wheat bread, 2; white flour bread, 3; white flour, 4; lab-scale made whole wheat bread, 5; whole wheat bread flour, 6; commercial stone oven made whole wheat bread) showed main differences. According to this assay it is possible to say; the process during bread making may affect the gliadin structure. It is fact that 3D structure of proteins is important for allergic reaction since protein docking.

FT-IR Results

Fourier Transform Infrared Spectroscopy is a kind of device the principle of which is a continuous source of light used to produce light over a broad range of infrared wavelengths. It can be shown that if the intensity of light is measured and plotted as a function of the position of the movable mirror therefore by using FT-IR, it is possible to get information about bound structure. In FTIR spectroscopy, the light is directed onto the sample of interest, and the intensity is measured using an infrared detector (Igci et al., 2017).

We focused on three parts on FT-IR spectrum that are Amide A region (3000-3600 cm^{-1}), Amide I region (1600-1700 cm^{-1}) and phosphorylated protein region (1230-1245 cm^{-1}) due to analyse the protein profiles of the samples and get an idea on the effect of different applications such as flour type and baking style on the gliadin structure. Figure 2, 3, 4, 5 and 6 show the details of this assay.

The Amide A region is generally associated between the N-H stretching and does generally not

related to the backbone of the protein structure but is in the relationship between the hydrogen bonds (Ji et al., 2020). As seen in the Figure 2, at 3643 wavelength this bond vibration was observed similar for whole wheat flour and the bread made from this raw material with 0.006 value. However Amide A vibration increased for the white bread when compared to its raw material (the value was 0.008 for the white flour and 0.014 for the white bread).

Another important region for the evaluation of the secondary structure of the proteins is Amide I band. This band is usually screened between at 1600-1700 cm^{-1} . In Figure 4, at 1654 cm^{-1} , this band decreased when the raw material was changed in the cooked product; the value was; 0.402 for white flour and 0.366 for white bread. Further, the Amide I band was detected as 0.362 for whole wheat flour and 0.339 for the bread made from this raw material. Amide I band is an indicator for C=O stretching vibration which is directly related to the backbone conformation of the proteins (Ji et al., 2020). Figure 3 and Figure 5 shows the cluster analysis of the Amide A and Amide I regions respectively. This analysis indicated the gliadin structure differs after the applied procedures. Finally the phosphorylated protein region was searched at 1241 cm^{-1} ; which was recorded as 0.005, 0.006 and 0.001 for the samples respectively whole wheat bread, white bread and whole wheat stone bread. This result is significant due to this second structure was detected for only the cooked form of the samples (Figure 6).

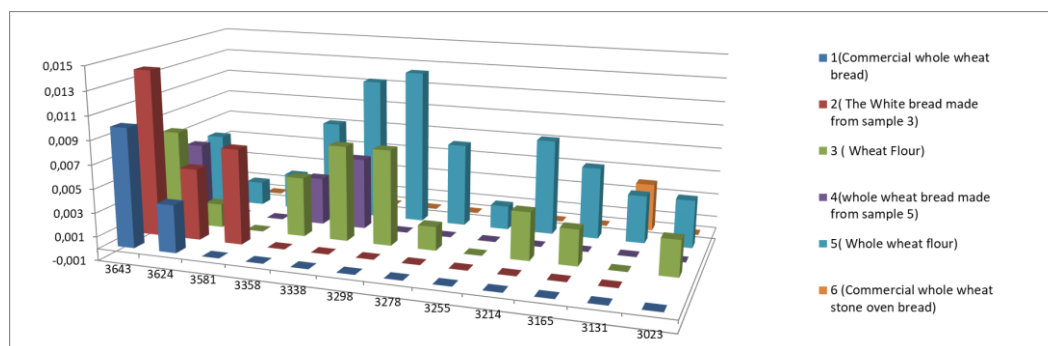


Figure 2. FT-IR spectrum results. Amide A region spectrum results of all samples and wavenumber of the region.

AMIDE A

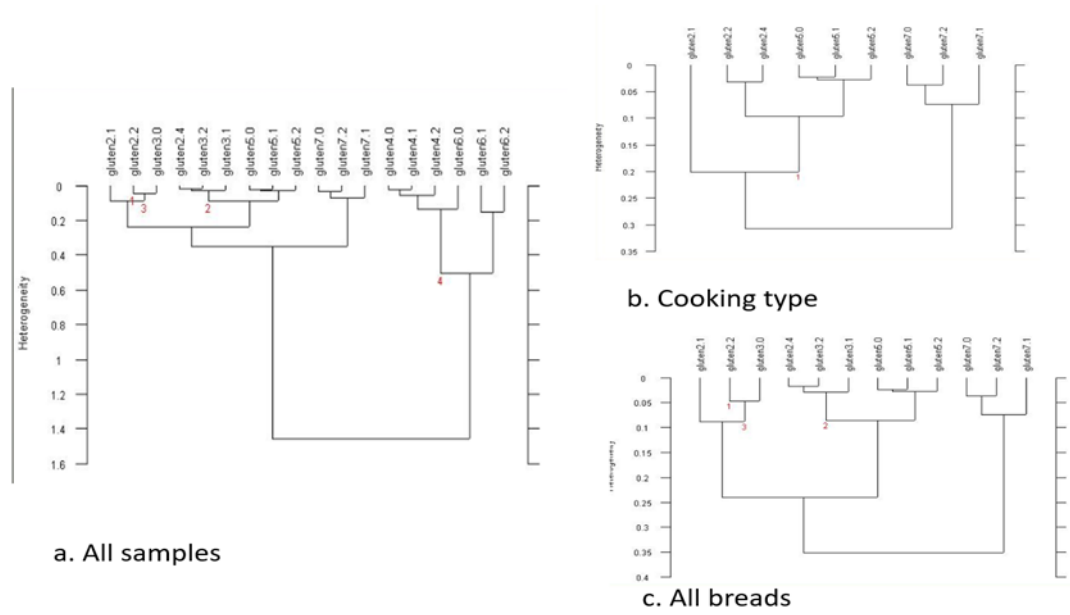


Figure 3. Clustering results of different groups of Amide A region spectrum (OPUS 5.5 software) a. All samples b. Cooking Type c. All breads

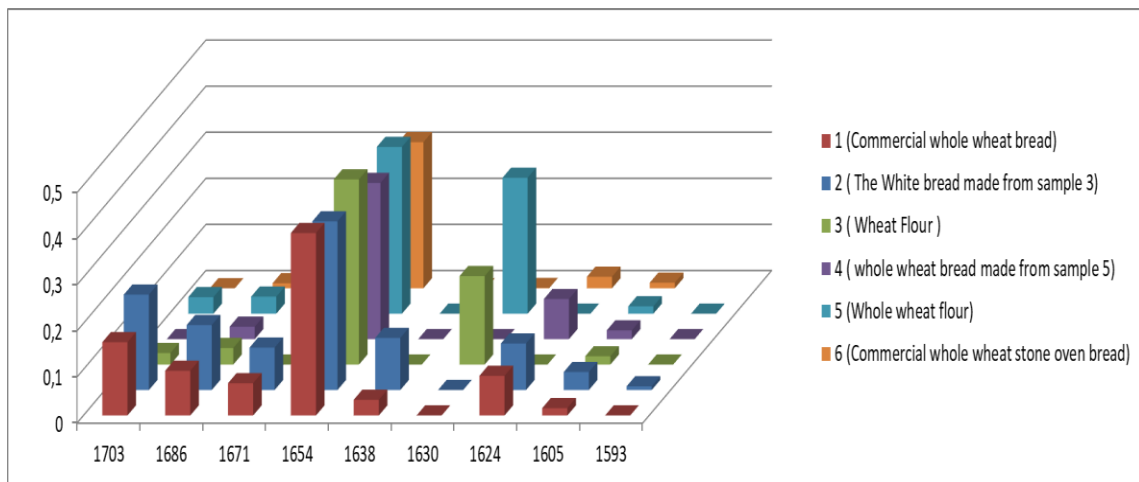


Figure 4. FT-IR spectrum results. Amide I region second derivative spectrum results and plotting results of the spectrum.

AMIDE I

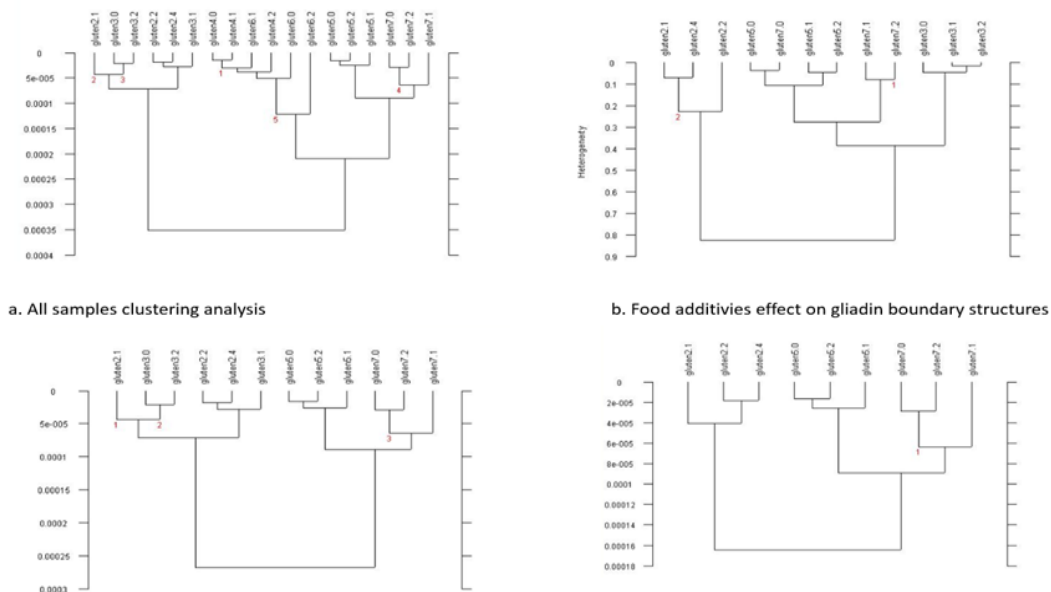


Figure 5. Clustering results of different groups of spectrum (OPUS 5.5 software) a. All samples clustering analysis b. Food additive effect on gliadin boundary structures

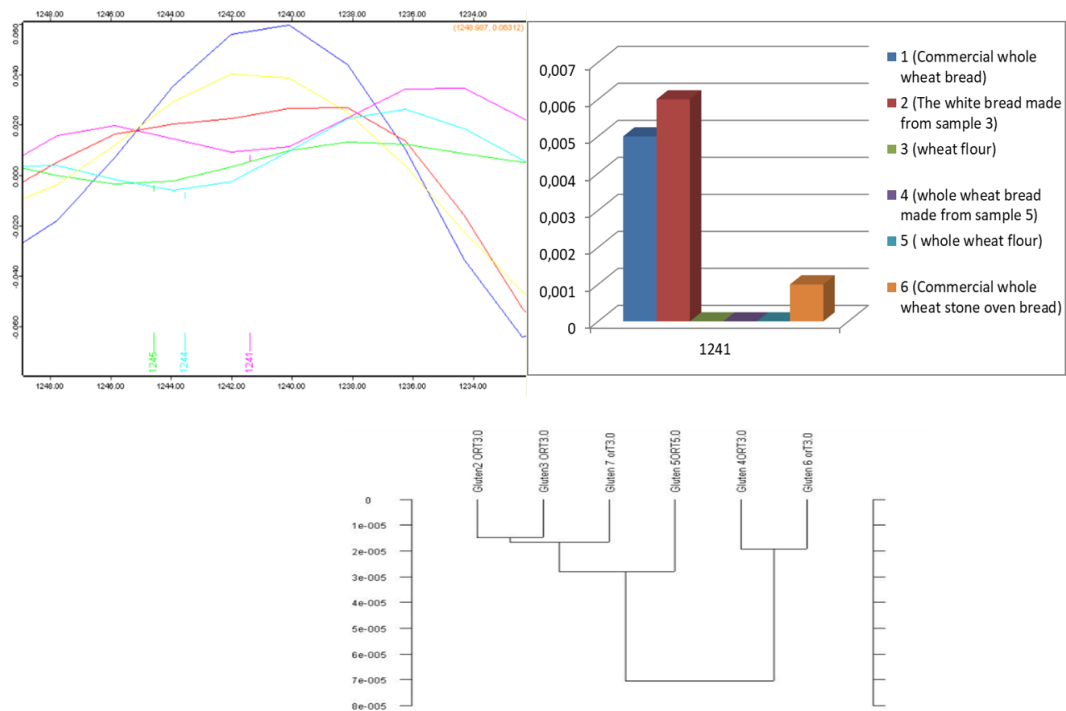


Figure 6. Clustering results of different groups of phosphorylated protein region spectrum (OPUS 5.5 software). The average value of the spectra used for each group.

The starting point of this study was to understand and discuss the effect of raw material type and the process conditions on the gluten protein structure of bread. The studies conducted to date show that wheat-based food processing generally develops and sets the gluten protein network. Delcour et al. (2012) declared heat-induced gluten aggregation proceeds through cross-linking within and between its protein fractions. Besides SH-disulfide cross-links, other covalent bonds can be also formed. Therefore gluten functionality may be impacted biochemically (Delcour et al., 2012). Our results showed some data which are required to improve with further experiments; -By the differences in food additives and baking type, it is possible to change gliadin structure, - Cluster analysis indicates that food additives dramatically change gliadin structure, -Gliadin structure is also changed by thermal application. Our cluster analysis, which based on Amide A, Amide I and phosphorylated protein region results in distinction of flour from other groups.

It is the common way to use additives to improve the quality of gluten-free products. But selecting the proper component or protein is a time consuming and costly process (Smerdel et al., 2012). Currently gluten-free products are made by using buckwheat, corn or rice flour. However, making dough has been always an inconvenient process due to missing gluten protein. However xanthan is a rescuer to bind components in the dough, we still need an alternative strategy to make gluten-free products. It is a significant point to understand gluten metabolism and the effects of the production procedure to find a solution. We believe that we exhibited some useful knowledge on comparing the gluten content of raw and cooked materials and this is a very good clue to determine the best convenient process for CD patients.

Until now, there are lots of study about allergic response to gluten which is one of the main protein of wheat. Owing to the extensive usage of gluten in human diets, its allergic or intolerance effect on human metabolism is one of the big problem of the food industry especially for bread segment. Allergic response to the gluten are

thought to be caused by gliadin fraction which are solubilized or not. And also the other fact about the immune response is that the characterization of protein by immune cell is based on the protein structure. Protein structure is important in order to know the active epitope region of the intolerated protein. Even if the role of gliadin or its derivative (subtypes) in eliciting the adverse reactions in CD or gluten intolerated ones are still far from being completely explained. Recent developments in proteomics area provide several explanations for understanding the aspects of wheat protein-related diseases since it is possible to analyze protein/peptide by getting their subtypes or their boundary structure. By the recent development it is possible to validate gluten amount in the flour but there is little knowledge on gliadin in the bread. In this study gliadin isolation from different kind of bread and flour was performed and its purity was calculated by 2D-PAGE. In addition to that 2D-PAGE results show us there are differences in gliadin sub-groups between samples. Therefore, it is possible to say that flour type, the ingredients used in bread making process and baking temperature are important for gliadin structure.

After we realized the differences between groups in 2D-PAGE, FT-IR spectroscopy was applied to the samples to see if there were any secondary differences between different baking applications. According to van Herper (2006) α -type of gliadins can cause T-cell response than other type. Thus we aimed to see which application would result in less gliadin/gluten concentration. According to our results whole wheat stone oven bread shows least α -helix structure according to Amide I second derivative analysis. Additionally we can declare that the ingredients used in bread making process may increase α -helix structure of gliadin.

CONCLUSIONS

Gliadin structure can be characterized by mass spectrometry and other proteomic technologies like FT-IR spectroscopy, by the aspect of its identification and quantification that can be important for its biochemical, immunological and toxicological effect on wheat intolerated people.

The main point of understanding CD and also solving this problem is to exhibit the metabolism and textural changes in gluten protein both in production process and human body. This study focused on screening the technological effect on gluten structure which is in relation with immune-response of gluten intolerated people. This pre-trial showed us that it is highly possible to suggest most convenient production methods for gluten-free products in the continuing part of the study.

In recent years, the studies have gained speed due to increasing in CD and need for gluten-free diets. The molecular weight of gluten, composed of gliadins and glutenins, is between 15000 and 141000 Da and this protein complex is considerably affected by heating or treatments. The gluten metabolism in human body is realized by digestion of gluten to subunits then absorption in small intestine. But, this metabolism is different in CD patients. The gluten allergic people comprise 30% of total population and only 3% of them arise as CD patient. This means that environmental factors have a significant effect on appearance of CD besides of genetic factors. The main external factor is microbial flora of large intestine of CD patients. It is known that people who show an allergic reaction to some foods are strong candidates for the CD as well. As we understand from the literature and the results of the studies there is a great need for new experiments on environmental effect on CD. We started from this point and aimed to exhibit protein profiles of raw and processed breads and analyze the results. Following this study, it can be concluded that further investigation of the technological applications and contents of the products and the raw materials will contribute to this issue.

CONFLICT OF INTEREST

The author(s) declares no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

AUTHORS CONTRIBUTIONS

Evrım GÜNEŞ ALTUNTAŞ, Hatice YILDIZHAN and Mohammed Reza DASTOURI were performed the study

experiments. Duygu ÖZEL DEMİRALP was responsible for the execution of the work. All the authors were involved to wrote the manuscript and all authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- Artık, N. (1988). Buğday protein fraksiyonlarının jel elektroforez (SDS-PAGE) ile analizi, aminoasit bileşim ve elektron mikroskopik görünüşlerinin belirlenmesi. *Gıda*, 13(1): 65-75.
- Bascuñán, K.A., Araya, M., Roncoroni, L., Doneda, L., Elli, L. (2020). Dietary Gluten as a Conditioning Factor of the Gut Microbiota in Celiac Disease. *Advances in Nutrition*, 11(1): 160-174. doi:10.1093/advances/nmz080
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Caminero, A., Herran, A.R., Nistal, E., Perez-Andres, J., Vaquero, L., Vivas, S., Ruiz de Morales, J.M.G., Albillos, S.M., Casqueiro, J. (2014). Diversity of the cultivable human gut microbiome involved in gluten metabolism: isolation of microorganisms with potential interest for coeliac disease. *FEMS Microbiology Ecology*, 88: 309-19.
- Caminero, A., Nistal, E., Arias, L., Vivas, S., Comino, I., Real, A., Sousa, C., Ruiz de Morales, J.M., Ferrero, M.A., Rodriguez-Aparicio, L.B., Casqueiro, J. (2012). A gluten metabolism study in healthy individuals shows the presence of faecal glutenase activity. *European Journal of Nutrition*, 51: 293-99.
- Caminero, A., Nistal, E., Herran, A.R., Perez-Andres, J., Ferrero, M.A., Ayala, L.V., Vivas, S., Ruiz de Morales, J.M.G., Albillos, S.M., Casqueiro, F.J. (2015). Differences in gluten metabolism among healthy volunteers, coeliac disease patients and first-degree relatives. *British Journal of Nutrition*, 114: 1157-67.
- Crockett, R., Le, P., Vodovotzet, Y. (2011). How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical

- Properties in a Model Gluten-Free Dough? *Journal of Food Science*, 76(3): 274-282.
- Czaja-Bulsa, G., Bulsa, M. (2017). What Do We Know Now about IgE-Mediated Wheat Allergy in Children? *Nutrients*, 9(35), doi:10.3390/nu9010035.
- Delcour, J.A., Joye, I.J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., Lagrain, B. (2012). Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3: 469-92.
- Di Cagno, R., Angelis, M.D., Lavermicocca, P., Vincenzi, M.D., Giovannini, C., Faccia, M., Gobetti, M. (2002). Proteolysis by Sourdough Lactic Acid Bacteria: Effects on Wheat Flour Protein Fractions and Gliadin Peptides Involved in Human Cereal Intolerance. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(2): 623-633.
- Diaz-Amigo, C., Yeung, J.M. (2010). Critical Evaluation of Uncertainties of Gluten Testing: Issues and Solutions for Food Allergen Detection. In *Pathogens and Toxins in Foods: Challenges and Interventions*. Edited by V.K. Juneja and J.N. Sofos. 2010 ASM Press, Washington, DC
- Dunaevsky, Y.E., Tereshchenkova, V.F., Belozersky, M.A., Filippova, I.Y., Oppert, B., Elpidina, E.N. (2021). Effective Degradation of Gluten and Its Fragments by Gluten-Specific Peptidases: A Review on Application for the Treatment of Patients with Gluten Sensitivity. *Pharmaceutics*, 13: 1603. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13101603>.
- DuPont, F.M., Chan, R., Lopez, R., Vensel, W.H. (2005). Sequential Extraction and Quantitative Recovery of Gliadins, Glutenins, and Other Proteins from small samples of wheat flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53: 1575-84.
- Dziuba, M., Nalecz, D., Szerszunowicz, I., Waga, J. (2014). Proteomic Analysis of Wheat α /A- and β -Gliadins. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(5): 437-42.
- El-Salhy, M., Hatlebakk, J.G., Gilja, O.H., Hausken, T. (2015). The relation between celiac disease, nonceliac gluten sensitivity and irritable bowel syndrome. *Nutrition Journal*, 14: 92.
- Gibert, A., Espadaler, M., Canela, M.A., Sanchez, A., Vaque, C., Rafecas, M. (2006). Consumption of gluten-free products: should the threshold value for trace amounts of gluten be at 20, 100 or 200 p.p.m.? *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 18(11): 1187-1195.
- Gómez M., Sciarini L.S. (2015). Gluten-Free Bakery Products and Pasta. In *Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods*. Edited by Arranz E, Fernández-Bañares F, Rosell CM, Rodrigo L, Peña AS. Barcelona, Spain: OmniaScience. p. 565-604.
- Igci, N., Sharafi, P., Demiralp, D.O., Demiralp, C.O., Yuce, A., Dokmeci, S. (2017). Application of Fourier transform infrared spectroscopy to biomolecular profiling of cultured fibroblast cells from Gaucher disease patients: A preliminary investigation. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 26(7): 1053-1061.
- Ji, Y., Yang, X., Ji, Z., Zhu, L., Ma, N., Chen, D., Jia, X., Tang, J., Cao, Y. (2020). DFT-Calculated IR Spectrum Amide I, II, and III Band Contributions of N-Methylacetamide Fine Components. *ACS omega*, 5(15): 8572-8578.
- Lagrain, B., Brunnbauer, M., Rombouts, I., Koehler, P. (2013). Identification of Intact High Molecular Weight Glutenin Subunits from the Wheat Proteome Using Combined Liquid Chromatography-Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *PLoS ONE* 8(3): e58682. doi:10.1371/journal.pone.0058682.
- Liu, W., Zhang, Y., Gao, X., Wang, K., Wang, S., Zhang, Y., He, Z., Ma, W., Yan, Y. (2012). Comparative proteome analysis of glutenin synthesis and accumulation in developing grains between superior and poor quality bread wheat cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 106-115.
- Matos, M., Rosell, C. (2014). Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 653-661.

- Primo-Martin, C., Valera, R., Martiánez-Anaya, M.A. (2003). Effect of Pentosanase and Oxidases on the Characteristics of Doughs and the Glutenin Macropolymer (GMP). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 4673-4679.
- Rajpoot, P., Makharia, G.K. (2013). Problems and Challenges to Adaptation of Gluten Free Diet by Indian Patients with Celiac Disease. *Nutrients*, 5: 4869-4879
- Ronda, F., Pérez-Quirce, S., Villanueva, M. (2017). Chapter 12 - Rheological Properties of Gluten-Free Bread Doughs: Relationship With Bread Quality. In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Advances in Food Rheology and Its Applications*. Editor(s): J. Ahmed, P. Ptaszek, S. Basu. Woodhead Publishing, Pages 297-334, ISBN 9780081004319, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9.00012-7>.
- Salvador, A., Sanz, T., Fiszman, S.M. (2006). Dynamic rheological characteristics of wheat flour–water doughs. Effect of adding NaCl, sucrose and yeast. *Food Hydrocolloids*, 20(6): 780-786.
- Secundo, F., Guerrier, N. (2005). ATR-FT/IR Study on the Interactions between Gliadins and Dextrin and Their Effects on Protein Secondary Structure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1757–1764.
- Shewry, P.R., Halford, N.G., Belton, P.S., Tatham, A.S. (2002). The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 357: 133-142.
- Sivam, A.S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S.Y., Perera, C.O. (2010). Properties of Bread Dough with Added Fiber Polysaccharides and Phenolic Antioxidants: A Review. *Journal of Food Science*, 75(8): 163-174.
- Smerdel, B., Pollak, L., Novotni, D., Cukelj, N., Benkovic, M., Lusic, D., Curic, D. (2012). Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. *Journal of Food and Nutrition*, 51(4): 242–253.
- Solé-Jamault, V., Davy, J., Cochereau, R., Boire, A., Larré, C., Denery-Papini, S. (2022). Optimization of large-scale purification of omega gliadins and other wheat gliadins, *Journal of Cereal Science*, 103: 103386, ISSN 0733-5210, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103386>.
- Stantiall, S.E., Serventi, L. (2017). Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, <http://dx.doi.org/10.1080/09637486.2017.1378626>
- Volta, U., Caio, G., Tovoli, F., De Giorgio, R. (2013). Non-celiac gluten sensitivity: questions still to be answered despite increasing awareness. *Cellular and Molecular Immunology*, 10: 383–392.



**DONDURULMUŞ OLARAK SATIŞA SUNULAN HAMSİ BALIĞININ
MİKROBİYOLOJİK KRİTER, RADYONÜKLİD AKTİVİTE KONSANTRASYONU
VE BAZI KALICI ORGANİK KİRLİTİCİ MİKTARLARININ ARAŞTIRILMASI**

Özen Yusuf Öğretmen*

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Abd. Rize, Türkiye

Geliş / Received: 22.02.2022; Kabul / Accepted: 23.03.2022; Online baskı / Published online: 30.03.2022

Öğretmen, Ö.Y. (2021). Dondurulmuş olarak satışa sunulan hamsi balığının mikrobiyolojik kriter, radyonüklid aktivite konsantrasyonu ve bazı kalıcı organik kirletici miktarlarının araştırılması. *GIDA* (2022) 47 (2) 359-371 doi: 10.15237/gida.GD22026

Öğretmen, Ö.Y. (2021). Investigation of microbiological properties, radionuclide activity concentration and some persistent organic pollutants in the frozen anchovy put on the market. *GIDA* (2022) 47 (2) 359-371 doi: 10.15237/gida.GD22026

ÖZ

Dondurularak satışa sunulan hamsi balığı örneklerinde mikrobiyolojik kriter, radyonüklid aktivite ve bazı kalıcı organik kirleticilerin miktarları tespit edilerek Türk Gıda Kodeksi (TGK) ve Avrupa Birliği Konsey tarafından belirlenen yönetmeliklere göre uygunluğu araştırılmıştır. Tespit edilen mikrobiyolojik değerler TGK ve Avrupa Birliği Konsey yönetmeliğinde belirtilen kriterlere uygun bulunmuştur. Radyonüklid aktivite konsantrasyonu Cs-131, Cs-137, K-40 ve I-131 için sırasıyla <5, <5, 102±15 ve <1 Bq kg⁻¹ bulunmuş olup, yönetmelikte belirlenen maksimum sınır değerlerinin altında tespit edilmiştir. Kalıcı organik kirleticilerden dioksinler toplamı (PCDD/F), dioksin ve dioksin benzeri PCB'ler (dl-PCB'ler) toplamı ve indikatör PCB'ler toplamı sırasıyla 0.02±0.0 pg/g yaş ağırlık, 0.050±0.01pg/g yaş ağırlık ve 2.91±0.43 ng/g yaş ağırlık olarak bulunmuş olup TGK ve Avrupa Birliği Konsey yönetmeliğinde belirtilen maksimum kalıntı seviyelerinin altındadır.

Anahtar kelimeler: Hamsi, *Engraulis encrasicolus*, mikrobiyolojik kriter, radyonüklid aktivite, dioksin

**INVESTIGATION OF MICROBIOLOGICAL PROPERTIES, RADIONUCLIDE
ACTIVITY CONCENTRATION AND SOME PERSISTENT ORGANIC
POLLUTANTS IN THE FROZEN ANCHOVY PUT ON THE MARKET**

ABSTRACT

The microbiological criter, radionuclide activity and the amounts of some persistent organic pollutants were determined in the frozen anchovy samples, and their conformity was investigated according to the regulations determined by the Turkish Food Codex (TFC) and the European Union Council. The detected microbiological values were found to comply with the criteria specified in the TFC and the European Union Council regulations. Radionuclide activity concentrations were found to be <5, <5, 102±15 and <1 Bq kg⁻¹ for Cs-131, Cs-137, K-40 and I-131, respectively, which are below the maximum limit values determined in the regulation. The total of dioxins (PCDD/F), the sum of dioxin and dioxin-like PCBs (dl-PCBs), and the sum of indicator PCBs were found to be 0.02±0.0 pg/g wet weight, 0.050±0.01pg/g wet weight, and 2.91±0.43 ng/g wet weight, which are below the maximum residue levels specified in the Turkish Food Codex and the European Union Council regulation.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: ozenyusuf.ogretmen@erdogan.edu.tr

☎: (+90) 464 2233385

☎: (+90) 464 223 4118

Özen Yusuf Öğretmen; ORCID no: 0000-0002-1767-2693

Keywords: Anchovy, *Engraulis encrasicolus*, microbiological criteria, radionuclide activity, Dioxin

GİRİŞ

Hamsi (*Engraulis encrasicolus*), Engraulidae familyasına ait olup kısmen ılıman sularda bulunan, 40-50 bin arası yumurta bırakan balıklardır (Türksönmez ve Diler, 2019). Hamsi 1 yıl içinde cinsi olgunluğa ulaşmakta olup çoğunlukla kopepodlar, kladoceranlar, dekapodlar ve meroplankton gibi çeşitli fitoplankton ve zooplankton türleri ile beslenirler (Öğretmen, 2022). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütüne (FAO) göre hamsi dünyadaki en önemli balık türlerinden biridir ve hamsi türleri (*Engraulis ringens*, *Engraulis japonicus*, *Engraulis encrasicolus*, *Engraulis capensis*) dünyadaki toplam av üretiminin %9.06'sını temsil etmektedir (Karslı, 2021). 2020 yılı su ürünler istatistiklerine göre Türkiye'de denizlerden 291.910 ton balık avlanmış olup, avcılığı en fazla yapılan pelajik deniz balığı türünün Hamsi (171.253 ton) olduğu bildirilmiştir. (TÜİK, 2021). Türkiye'de birçok ilde yapılan birçok bilimsel çalışmalarda en çok tüketilen deniz balıkları içerisinde hamsi ilk sırada yer almaktadır (Selvi vd., 2022; Kuşat ve Şahan, 2021; Karakaya vd., 2020; Güvenin ve Sağlam, 2020; Deniz ve Sarıözkan, 2020; Bolat ve Telli, 2019; Çaylak vd., 2019; Yüksel ve Diler, 2019; Bolat ve Cevher, 2018). Çevre, balık ve balık ürünlerinin mikrobiyotasının en önemli belirleyicisi olarak kabul edilmektedir. Balık genel olarak güvenli bir gıda olup sağlıklı balıkların kasları steril olarak kabul edilmektedir. Mikroorganizmalar balıkların deri ve solungaç gibi yüzey kısımlarında, böbrek, karaciğer ve dalak gibi iç organlarında yaygın olarak bulunmaktadır. Patojenik ve bozulmalara neden olan mikroorganizmalar üretim ve tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında balık ve balık ürünlerine bulaşabilir. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve ABD Tarım Bakanlığı (USDA) verilerine göre *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes*, *Vibrio spp.*, *Yersinia spp.*, *C. botulinum*, *S. aureus* ve *Aeromonas spp.* balık ve balık ürünlerinde rastlanan en yaygın patojenlerdir. Bunlar arasında *Listeria monocytogenes* varlığı balık ve balık ürünlerinin geri çağırılmasındaki en yaygın nedendir. Bu patojen bakteri donma sıcaklığında yaşayabilmekte ve hatta buzdolabı koşullarında balıklarda büyüebilmektedir. Balık işleme tesislerinde çapraz bulaşma ve kontaminasyon iki önemli

tehlikedir. Kötü işleme ve hijyen uygulamaları çapraz bulaşma riskini artıran nedenler arasındadır (Sheng ve Wang, 2021). 2073/2005/EC sayılı 'Gıda Maddeleri İçin Mikrobiyolojik Kriterler Hakkında' Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne paralel olarak ülkemizde de 2011 yıl ve 28157 sayılı Türk Gıda Kodeksi 'Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği' ile mikrobiyolojik limitler belirlenmiştir. Bu yönetmelik gıdaların mikrobiyolojik kriterleri ile gıda işletmecilerinin uyması ve uygulaması gereken kuralları kapsamaktadır (TGK, 2011; European Commission, 2005). Deniz ortamındaki radyonüklidlerin araştırılması özellikle yüksek balık tüketimi olan popülasyonların sağlığı için önem arz etmektedir. İnsanların radyasyona maruz kalması çoğu zaman doğal olarak oluşan radyonüklidlerden meydana gelmektedir. Bu radyonüklidler deniz ortamında bulunmakla beraber karasal ve atmosferik yollardan antropojenik kaynaklardan alınabilmektedir. Doğal radyoaktiviteye ek olarak 1986 yılındaki Çernobil nükleer santral faciası ve 2011 yılındaki Fukushima nükleer santral kazası ve 1960 yılındaki nükleer silah test kazaları çevreye yapay nüklidlerin salınmasına neden olmuştur (Kılıç vd., 2014). Çernobil nükleer santral kazasında reaktöre en yakın denizlerden biri olan Karadeniz'e önemli miktarda radyoaktif maddeler girmiştir (Baltaş vd., 2016). Deniz suyundaki sezyumun (Cs) bir izotopu olan Cs-137 hem atmosferik hem de nükleer silah testleri veya nükleer tesis kazalarından salınımı sağlanmakta olup, nispeten uzun bir yarı ömre sahip ve çok güçlü gama ışınları sağladığı için insan için zararlı olabilmektedir (Lee ve Kim, 2021). Doğal olarak oluşan radyoizotoplardan toryum, uranyum serileri ile potasyum-40 insanlarda hem iç hem de dış radyasyona maruz kalmanın kaynağı olup, öncelikle insan vücuduna gıdaların yutulması sonucu girmektedir (Görür vd., 2012). Kalıcı organik kirleticiler doğal ortamda kırılmayan ve çözünemeyen bir yapıya sahip olduğu için uzun süre kalabilmekte aynı zamanda yağ dokusunda birikme özelliği taşımakla birlikte hem çevre hem de insan sağlığı üzerinde ciddi risk taşımaktadır. Bu kimyasallar hem küresel hem de bölgesel ölçekte uluslararası bir ilginin konusu olup, bu kimyasal gruplara karşı insan ve çevrenin

korunmasına odaklanan küresel uluslararası anlaşma-Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi (SC) imzalanmıştır (ÇŞİDB, 2022). Kalıcı organik kirleticilerden olan Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler (PCDD'ler), poliklorlu dibenzofuranlar (PCDF'ler) ve poliklorlu bifeniller (PCB'ler) toksik ve kalıcı poliklorlu kimyasal gruplar olup, tüm sanayileşmiş ülkelerde her yerde bulunmaktadır (Çakıroğulları vd., 2010). Dioksinler, doğada yanma; kömür, petrol ve ürünlerinin yakılması, kanalizasyon ve tıbbi atıklar gibi maddelerin atıklarının yakılması, orman yangınları, kâğıt endüstrisinde Cl içeren madde kullanımı, metallerin işlenmesi gibi olaylar sonucu ortaya çıkabilirler (Koç ve Kısa, 2005). PCDD/F'ler ve dioksin benzeri PCB'ler (dl-PCB'ler) insan vücuduna et, yağlı balık, süt ve süt ürünleri gibi lipid bakımından yüksek gıdalarda alınması yoluyla girmektedir. Yaşam boyu insan vücudundaki yağda birikerek vücuda yavaş yavaş metabolize olur (Moon ve Choi, 2009) ve lipofilik özelliklerinden dolayı kısırlık, üreme sistemi bozuklukları, immünolojik toksisite ve kanserojen etkiler yaparlar (Barone vd., 2021). Avrupa Birliği 1259/2011 sayılı düzenlemede gıdalardaki PCDD/F'ler ve dl-PCB'ler için toksit eşdeğer (WHO-TEQ) olarak ifade edilen izin verilen maksimum seviyeleri belirlemiştir. Benzer şekilde Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) PCDD/F'ler ve dl-PCB'lerin geçici tolere edilebilir alımlarını; günlük 2 WHO-TEQ pg /kg vücut ağırlığı, haftalık 14 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı ve aylık bazda 70 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı olarak belirlemiştir (Bartalini vd., 2020). Türk Gıda Kodeksi 1881/2006/EC sayılı 'Gıdalardaki Belirli Bulaşanların Maksimum Limitlerinin Belirlenmesi' Hakkında Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne paralel olarak dioksinleri ve dioksin benzeri poliklorlubifenilleri (PCB) seviyelerini belirlemiştir (TGK, 2011).

Bu çalışmada ülkemizde avcılığı en fazla yapılan ve birçok kesim tarafından en fazla tüketilen Hamsi balığının dondurulduktan sonra satışa hazır şekliyle mikrobiyolojik kriterleri, radyonüklid konsantrasyonları ve dioksin ve dioksin benzeri poliklorlubifenilleri (PCB) belirlenerek Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği Konsey tüzüklerinin belirlemiş olduğu maksimum

sınır değerlerine göre uygunluğu araştırılmıştır. Özellikle ülkemizde radyonüklid konsantrasyon ve dioksin ve dioksin benzeri poliklorlubifeniller (PCB) ile ilgili çalışmaların kısıtlı olması sebebiyle bu çalışma ileride yapılması düşünülen çalışmalara da referans olması açısından önem taşımaktadır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada 2019-2020 yılı avcılık sezonunda Güneydoğu Karadeniz'de gırgır teknesiyle yakalandıktan sonra Trabzon'da faaliyet gösteren bir balık işleme tesisinde dondurulup piyasaya sunulan Hamsi balığı örnekleri kullanılmıştır. Hamsi örneklerinin mikrobiyolojik kriter (Aerobik koloni sayımı, Enterobakteri, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, Koliform bakteri, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholera*, *Vibrio parahaemolyticus*), radyonüklid aktivite konsantrasyonları (Cs-134, Cs-137, K-40, I-131) ile kalıcı organik kirleticilerden poliklorlu dibenzo-p-dioksinler (PCDD/F) toplamı, dioksin ve dioksin benzeri PCB'ler (dl-PCB) toplamı ve indikatör PCB'ler (PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153, PCB-180) (ICES-6) toplamı analiz edilmiştir.

Mikrobiyolojik analiz

Çalışmada 1 kg'lık strafor tabaklar içerisinde dondurulduktan sonra ambalajlanan ve satışa hazır sunulan hamsi örneklerinin mikrobiyolojik analizleri Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından onaylı akredite laboratuvarında yaptırılmıştır. Hamsi örnekleri laboratuvara strafor kutu içerisinde buzlanmış olarak ulaştırılmıştır. Mikrobiyolojik analizler için 4 farklı parti numarasına sahip 3'er kg'lık hamsi örneklerinden (3 kg x4= 12 kg örnek miktarı) 5'er paralel olmak üzere toplamda 20 adet mikrobiyolojik analiz (n=20) gerçekleştirilmiştir.

Toplam aerobik koloni analizi; Toplam aerobik koloni EN/ISO 4833-1:2013 tarafından belirlenen prosedür uygulanarak yapılmıştır. Bunun için PCA (Plate Count Agar) (Merck®) agar üzerine yayma plak yöntemi ile ekimler gerçekleştirilmiştir. Bakteri sayımı, 37°C'de 24-48 saat inkübasyondan sonra yapılmıştır.

Enterobacteriaceae; Enterobacteriaceae familyasına ait bakterilerin sayımı EN/ISO 21528-2: 2004 talimatları takip edilerek yapılmıştır. Buna göre, izole edilen koloniler 35-37°C'de 18-24 saat ön zenginleştirilmeye bırakılmış daha sonra süspansiyon bir kromojenik ESBL seçici ortamına aktarıldıktan sonra tekrar 35-37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

E. coli; Çalışmada *E. coli* sayımı ISO 16649-3: 2015 prosedürüne göre; 37±1°C sonra 44±1°C inkübasyondan sonra en olası sayının (MPN) hesaplanması ile sonuçlara ulaşılmıştır.

S. aureus: ISO 6888-1: 2021 prosedürü kullanılarak sayım yapılmıştır. Bu prosedür, 34°C ile 38°C'de aerobik inkübasyondan sonra katı bir besiyerinde (Baird-Parker besiyesi) elde edilen koloniler sayılmıştır.

Koliform bakteri: ISO 4831: 2006 metodu kullanılarak koliform bakteri sayıları tespit edilmiştir. ISO 4831: 2006 prosedüründe numaralandırma, 30°C veya 37°C'de bir sıvı ortamda inkübasyondan sonra en olası sayının (MPN) hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Listeria monocytogenes: ISO 11290-1: 2017 prosedürüne uygun olarak yapılmıştır. Kısaca, örnekler (25g) 225 ml Half Fraser broth içerisinde homojenize edilmiş daha sonra 30°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 0.1 ml kültür Fraser broth'a aktarılmış ve 37°C'de 48 saat tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Half Fraser ve Fraser broth ile zenginleştirilen kültürler, tanımlama için kromojenik ortam üzerine kaplanmıştır.

Salmonella spp.: ISO 6579: 2002 talimatlarına göre yapılmıştır. Bu amaçla, 25 g örnek 225 ml tamponlu pepton su (BPW) içinde homojenize edilerek 37±1°C'de 18±2 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra BPW'deki kültürden 0.1 ml alınarak seçici zenginleştirme işlemi için Rappaport Vassiliadis (MSRV) besiyerinde 41.5±1°C' de 24±3 saat inkübe edilmiştir. Oluşan kültürlerden ksilosin lizin deoksikolat (XLD) agar besiyerine tek koloni düşürme tekniği ile ekim gerçekleştirilmiştir. Katı besiyerleri üzerinde

oluşan siyah merkezli renksiz koloniler şüpheli *Salmonella* spp. olarak değerlendirilmiştir.

Vibrio spp: ISO 21872-1: 2007 prosedürüne göre yapılmıştır. 25 g örnek 225 ml peptonlu suya ilave edilmiş ve 41.5 °C'de 6 saat inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra inoküle edilen ortamın 1 ml'si 10 ml alkalın pepton suyuna aktarılmış ve 41.5°C'de 18 saat inkübe edilmiştir. Bu kültürler TCBS ve VID besiyerleri üzerine ekim yapılarak 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Son olarak TCBS besiyeri üzerindeki pürüzsüz yeşil veya sarı koloniler *Vibrio* spp olarak sayılmıştır.

Radyonüklid aktivite analizi

Hamsi örneklerinde radyonüklidin analizleri TC. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından akredite laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Örneklerde radyonüklidin analizi HpGe ve/veya Ge (Li) yarı iletken detektörleri ile yüksek çözünürlüklü gama ışını spektrofotometrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler CSN EN ISO 10703 (75 7630) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (CSN, 2008). Kısaca, örnekler detektörü çevreleyen 450 ml hacimli Marinelli beherine doldurulur ve tek tek radyonüklidlerin kütle aktiviteleri ölçülen spektrumda değerlendirilir. Ölçüm limitleri Cs-134 ve Cs-137 için 5 Bq kg⁻¹, K- 40 için 10 Bq kg⁻¹ ve I-131 için 1 Bq kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Radyonüklid aktivite analizleri 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kalıcı Organik Kirleticiler (PCDD/F, dl-PCB'ler ve İndikatör PCB'ler (ICES-6) toplamı)

Hamsi örneklerinde kalıcı organik kirletici analizleri TC. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından akredite laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler Metot 1613B ve 1668B metoduna göre standart yöntemler uygulanarak yapılmıştır. Buna göre; enjeksiyonlar 10000 rezolusyonda gerçekleştirilmiş olup, GC-HRMS cihazında yapılmıştır. 250µm x 0.25µm x 60m boyutunda DB5MS (%5 fenil, %95 polidimetilsiloksan) kolon kullanılmıştır. Analizde taşıyıcı ve make up gazı olarak %99.999 saflığında helyum gazı kullanılmıştır. GC metodunun inlet sıcaklığı 280°C, enjeksiyon özelliği splitless'dır. Dioksin ve

non ortho PCB'lerin tayininde fırın programı 110°C'den itibaren 20°C'lik artışla 200°C'e kadar çıkıldıktan sonra bu sıcaklıkta 20 dakika bekletilip 4°C'lik artışla 280°C'e kadar çıkacak ve bu sıcaklıkta 8 dakika bekletildikten sonra 5°C'lik artışla 300°C'e çıkacak şekilde programlanmıştır. Mono ortho ve indikatör PCB'lerin tayininde ise fırın programı 110°C'den itibaren 20°C'lik artışla 200°C'e kadar çıkarıldıktan sonra bu sıcaklıkta 10 dakika bekletilip 4°C'lik artışla 300°C'e kadar çıkacak şekilde programlanmıştır (USEPA 1997, USEPA 2008).

Tahmini haftalık alım (THA)

Tahmini bir haftalık dl-PCB alımı (THA) Türkiye için haftalık balık tüketimi verilerinin, analiz edilen hamsi balığında tespit edilen dl-PCB'lerin ortalama WHO-TEQ konsantrasyonu ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Tahmini haftalık alım aşağıdaki formüller göre hesaplanmıştır (Bartalini vd., 2020);

$$THA = \frac{\text{Haftalık balık tüketimi} \times \text{dl-PCB'ler toplamı}}{\text{İnsan vücut ağırlığı}}$$

THA; Tahmini haftalık alım (pg/hafta)/kg vücut ağırlığı, Haftalık balık tüketimi (g/hafta), dl-PBC (Dioksin benzeri PCB'ler (WHO-TEQ pg /g yaş ağırlık), İnsan vücut ağırlığı (ortalama 70 kg olarak hesaplanmıştır)

Not: Türkiye'nin haftalık balık tüketimi TÜİK (2021) verilerinin belirttiği olduğu kişi başı yıllık balık tüketimine (6.7 kg) göre hesaplanmıştır (6700g/52= 128.8g).

BULGULAR

Bu çalışmada dondurulmuş olarak satışı sunulan hamsi balığının mikrobiyolojik kriterleri, bazı kalıcı organik kirleticiler (PCDD/F, dl-PCB'ler toplamı indikatör PCB'ler toplamı (ICES-6) ve radyonüklid aktivite konsantrasyonları (Cs-131, Cs-137, K-40, I-131) tespit edilerek Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği Konseyi tarafından belirlenen yönetmeliklerde belirtilen maksimum seviyelere göre uygunluğu araştırılmıştır.

Mikrobiyolojik analiz bulgular: Dondurulmuş olarak temin edilen hamsi balığı örneklerinde aerobik koloni miktarı <10 ile 2.9×10^3 cfu/g arasında tespit edilmiştir. Analiz edilen balıkların tamamında (%100) *Staphylococcus aureus* <10 cfu/g

olarak tespit edilmiştir. *E. coli* bakterisi sayısı hamsi balıklarının %75'inde <3 MPN/g, %25'inde ise <1.8 MPN/g olarak bulunmuştur. Koliform bakteri sayısı örneklerin %75'inde <3 MPN/g, %25'inde 3.6 MPN/g tespit edilmiştir. Enterobakteri sayısı örneklerin tamamında (%100) <10 cfu/g olarak bulunmuştur. Patojen mikroorganizmalardan *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholera* ve *Vibrio parahaemolyticus*'a gerçekleştirilen analizlerin tamamında (%100) rastlanılmamıştır (Çizelge 1). 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı (3. Mükerrer) resmî gazetede yayımlanan Türk Gıda Kodeksi 'Mikrobiyolojik kriterler' yönetmeliği ile Avrupa Birliği Komisyonu tarafından hazırlanan 2073/2005/EC sayılı 'Gıdalar için mikrobiyolojik kriterler' yönetmeliğinde belirtilen maksimum sınır değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Radyonüklid aktivite konsantrasyonu analiz bulgular: Çalışmada kullanılan Hamsi balığı örneklerinin radyonüklid aktiviteleri Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Cs-134 ve Cs-137 aktivitesi <5 Bq kg⁻¹, K-40 aktivitesi 102 ± 15 Bq kg⁻¹ ve I-131 aktivitesi <1 Bq kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Kalıcı Organik kirleticiler (PCDD/F toplamı, dl-PCB'ler toplamı ve indikatör PCB'ler toplamı): Dondurulmuş olarak temin edilen hamsi örneklerinde PCDD/F toplamı, dl-PCB'ler toplamı ve indikatör PCB'ler toplamı sırasıyla 0.02 ± 0.00 pg/g yaş ağırlık, 0.05 ± 0.01 pg/g yaş ağırlık ve 2.91 ± 0.43 ng/g yaş ağırlık olarak bulunmuştur (Çizelge 3). TC. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından belirtilen 2011 yıl ve 28157 sayılı "Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ve Avrupa Birliği Komisyonu tarafından hazırlanan 3 Şubat 2006 sayı ve 199/2006 numaralı 'Gıda maddelerindeki belirli kirleticiler için maksimum seviyeler' başlıklı yönetmelikte belirtilen PCDD/F toplamı, dl-PCB'ler toplamı ve indikatör PCB'ler toplamı maksimum limit değerleri Çizelge 3'de belirtilmiştir.

Tahmini Haftalık Alım (THA)

Dünya sağlık örgütü (DSÖ) son yıllarda insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek kirleticiler için

farklı toksikolojik referans değerleri oluşmuştur. En sık kullanılan değerlerden biri, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesinin (EFSA) gıda zincirindeki kirleticilere ilişkin uzman paneli (CONTAM) tarafından getirilen THA miktarıdır (Bartalani vd., 2020). Çalışmada örneklenen Hamsi balıklarında

tahmini haftalık dl-PCB'ler toplamı alımı 0.092 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı olarak hesaplanmıştır. Hesaplama TÜİK (2021) su ürünleri istatistiklerine göre yıllık kişi başı balık tüketimi üzerinden ve insan vücut ağırlığı 70 kg varsayılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Donuk hamsi örneklerinin mikrobiyolojik kriterleri
Table 1. Microbiological criters of frozen anchovy samples

Analizler <i>Analyzes</i>	Numune alma planı ve limitler <i>Sampling plan and limits</i>		Ham madde (Hamsi) <i>Raw material</i> (Anchovy)
	Avrupa Komisyonu ^a <i>European Commission^a</i>	Türk Gıda Kodeksi ^b <i>Turkish Food Codex^b</i>	
Aerobik koloni sayımı (cfu/g) <i>Aerobic colony count (cfu/g)</i>	n=5, c=2, m=5x10 ⁵ , M=5x10 ⁶	n=5, c=2, m=10 ⁶ , M=10 ⁷	<10 4.3x10 ² 1.5x10 ³ 2.9x10 ³
Enterobakteri (cfu/g) <i>Enterobacteriaceae (cfu/g)</i>	m= 2, M= 3		<10
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	n=5, c=2, m= 1 MPN/g, M= 10 MPN/g	n=5, c=2, m=9, M=12	<3
<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu/g)	n=5, c=2, m=10 ² , M=10 ³	n=5, c=2, m=10 ³ , M=5x10 ³	<10
Koliform bakteri (MPN/g) <i>Coliform bacteria (MPN/g)</i>	n =5, c=3, m=10 ² M=10 ³	n=5, c=2, m=160, M=210	<3
<i>Listeria monocytogenes</i> (/25g)	n= 5, c=0, m=0, M=0	n= 10, c=0, m=0, M=0	T.E.
<i>Salmonella</i> spp. (/25g)	n=5, c=0, m=0, M=0	n= 10, c=0, m=0, M=0	T.E.
<i>Vibrio cholera</i> (/25g)	n= 10, c=0, m=0, M=0	n= 10, c=0, m=0, M=0	T.E.
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (/25g)	n= 10, c=0, m=0, M=0	n= 10, c=0, m=0, M=0	T.E.

^aAvrupa Komisyonu (European Commission, 2005); ^bTürk Gıda Kodeksi (TGK, 2011)
T.E.: Tespit Edilemedi

Çizelge 2. Donuk hamsi örneklerinin radyonüklid aktivitesi (Bq kg⁻¹)
Table 2. Radionuclide activity of frozen anchovy samples (Bq kg⁻¹)

Radyonüklid <i>Radionuclide</i>	Radonüklid aktivite <i>Radionuclide activity</i>
Cs-131	<5
Cs-137	<5
K-40	102±15.0
I-131	<1

Çizelge 3. Donuk hamsi örneklerinde PCDD/F'ler toplamı, dl- PCB'ler toplamı ve indikatör PCB'ler toplamı

Table 3. The sum of PCDD/Fs, dl- PCBs, and indicator PCBs in frozen anchovy samples.

Kalıcı organik kirletici <i>Persistent organic pollutant</i>	Ham madde (Hamsi) <i>Raw material (Anchovy)</i>	^a Türk Gıda Kodeksi <i>^aTurkish Food Codex</i>	^b Avrupa Komisyonu <i>^bEuropean Commission</i>
Dioksinler toplamı (WHO/PCDD/F-TEQ) (pg/g yaş ağırlık) <i>Sum of dioxins (WHO/PCDD/F-TEQ) (pg/g wet weight)</i>	0.02±0.00	<3.5	<3.5
dl- PCB'ler toplamı (WHO/PCDD/F-PCB-TEQ) (pg/g yaş ağırlık) <i>Sum of dioxins and dioxin-like PCBs (WHO/PCDD/F-PCB-TEQ) (pg/g wet weight)</i>	0.05±0.01	<6.5	<6.5
İndikatör PCB'ler toplamı (ICES-6) (ng/g yaş ağırlık) <i>Sums of indicator PCBs (ICES-6) (ng/g wet weight)</i>	2.91±0.43	<75	<75

^aTürk Gıda Kodeksi (TGK, 2011), ^bAvrupa Komisyonu (European Commission, 2011)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Mikrobiyolojik kriterler

Gelişmekte olan ülkelerde evsel ve endüstriyel atıkların yeterli seviyede arıtılmadan nehir, göl ve denizlere bırakılması sonucunda içinde bulundukları organik maddeler mikroorganizmaların gelişmesi için elverişli bir ortam oluşturmaktadır. Bu durum su ürünleri açısından büyük tehlike arz etmektedir. Bu çalışmada dondurulmuş olarak piyasada satışa sunulan hamsi balığı örneklerinde gerçekleştirilen mikrobiyolojik analiz sonuçlarının %100'ünde elde edilen sonuçlar, Türk Gıda Kodeksinin 28157 sayılı ile yayınlanan mikrobiyolojik kriterler yönetmeliğine (TGK, 2011) ve Avrupa Birliği Konseyi tarafından hazırlanan yönetmelikte (European Commission, 2005) belirtilen maksimum bulunabilirlik sınır değerlerin altında tespit edilmiş olup, mikrobiyolojik kriterler bakımından insan sağlığını riske atacak bir tehlikeye rastlanılmamıştır. Kocatepe vd. (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada soğuk depolama başlangıcında hamsi balığının Enterobakteri miktarını 0.98 log kob/g olarak tespit etmiş olup, muhafaza periyodu boyunca hiçbir grupta rastlanmadığını bildirmişlerdir. Günşen vd. (2011), taze hamsi balığı örneklerinde toplam koliform miktarını 11 MPN/g, *E. coli* sayımını 3

MPN/g ve *S. aureus* miktarını 3.0×10^2 cfu/g olarak tespit etmiş olup, *L. monocytogenes*'e mevcut çalışmada olduğu gibi rastlanılmadığını bildirmişlerdir. Evren vd. (2008), farklı pişirme yöntemleri uygulanan hamsi balığının mikrobiyolojik kriterlerini incelemişler ve çiğ hamsi balığı örneklerinde koliform bakteri sayısını $2.28 \log_{10}$ kob/g ve *E. coli* bakteri sayısını $2.04 \log_{10}$ kob/g olarak tespit etmiş olup mevcut çalışma ile benzer değerler göstermiştir. Koliform bakteriler ve *E. coli* indikatör mikroorganizmalar olarak değerlendirilmekte olup, gıdada varlığının tespit edilmesi veya belirli bir limitin üstünde bulunması gıdanın uygun olmayan koşullarda işlenip tüketime sunulduğunu göstermektedir (Karademir ve Kahraman, 2021). Bu çalışmada temin edilen hamsi balığı örneklerinde koliform bakteri sayısı <3- 3.6 MPN/g arasında tespit edilmiştir. İnat vd. (2013), tuzlanmış hamsi balığında koliform bakteri miktarını örneklerinin %96'sında $<1.0 \times 10^2$, %4'ünde $10^2 - <10^3$ kob/g olarak etmişlerdir. Aynı çalışmada Enterobakteri düzeyi analiz edilen örneklerin %100'ünde $<1.0 \times 10^2$ kob/g olarak belirlenmiştir. Çorapçı (2018), taze hamsi balığı örneklerinde toplam koliform bakteri miktarını mevcut çalışmaya benzer olarak $2.79 \pm 0.02 \log$ cfu/g, $-22 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 12 aylık depolama sonrasında ise $<10 \log$ cfu/g

olarak tespit etmiştir. *S. aureus*, gıdaların üretim periyodu boyunca yetersiz personel hijyeni koşullarının olduğu durumlarda ortaya çıkan önemli bir kriterdir (Karademir ve Kahraman, 2021). Mevcut çalışmada *S. aureus* sayısı temin edilen bütün hamsi balığı örneklerinde <10 cgu/g olarak tespit edilmiş olup, Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği konseyi tarafından hazırlanan yönetmeliklerde belirtilen kriterlere uymaktadır.

Aynı zamanda *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholera* ve *Vibrio parahaemolyticus* varlığına rastlanılmamış olup ulusal ve uluslararası yönetmeliklerde belirtilen kriterlere uygun özellik göstermektedir.

Radyonüklid aktivite konsantrasyonu

Çalışmada dondurulmuş hamsi balığı örneklerine ait Cs-131, Cs-137, K-40 ve I-131 radyonüklidlerinin aktivite sonuçları Çizelge 2'de

verilmiştir. Mevcut çalışma sonuçları incelendiğinde en yüksek konsantrasyon K-40 radyonüklidinde (102 ± 15.0 Bq kg^{-1}) bulunmuştur. Cs-131, Cs-137 ve I-131 radyonüklidlerinin konsantrasyonları tespit edilebilir sınır değerinin altında saptanmıştır.

Bir nükleer kaza veya herhangi bir radyolojik acil durum sonrasında gıda ve yemlerde izin verilen maksimum radyoaktif kontaminasyon seviyeleri Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (AAET) tarafından hazırlanan ve Avrupa Birliği resmî gazetesinde (15 Ocak 2016 tarih ve sayı 3954/87) yayınlanan yönetmelikle belirlenmiş ve bu değerler tüm Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kabul edilmektedir. Bu yönetmelik kapsamında tarafından farklı besin gruplarına ait gıdalara uygulanmasına izin verilen maksimum seviyeler Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Gıdalarda izin verilen maksimum radyoaktif kontaminasyon seviyeleri (European Commission, 2016)

İzotop grubu <i>Isotope group</i>	Besin grubu (Bq kg^{-1}) <i>Food group</i>			
	Bebek maması <i>Baby foods</i>	Süt ürünleri <i>Dairy products</i>	Sıvı içecekler <i>Liquid foodstuffs</i>	Diğer gıda maddeleri <i>Other food stuffs</i>
Stronsiyum izotoplarının toplamı, özellikle Sr-90 <i>Sum of isotopes of strontium, notably Sr-90</i>	75	125	125	750
İyot izotoplarının toplamı, özellikle I-131 <i>Sum of isotopes of iodine, notably I-131</i>	150	500	500	2000
10 günden uzun yarılanma ömrüne sahip diğer tüm nüklidlerin toplamı, özellikle Cs-134 ve Cs-137 <i>Sum of all other nuclides of half-life > 10 days, notably Cs-134 and Cs-137</i>	400	1000	1000	1250
Plütonyum ve transplütonyum elementlerinin, özellikle Pu-239 ve Am-241'in alfa yayan izotoplarının toplamı <i>Sum of alpha-emitting isotopes of plutonium and trans-plutonium elements, notably Pu-239, Am-241</i>	1	20	20	80

Çalışmada temin edilen hamsi balığı örneklerinin randonüklid konsantrasyonları Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu tarafından oluşturulan yönetmelikte (European Commission, 2016) belirtilen gıda maddelerinde maksimum aktivite konsantrasyon seviyelerinden düşük bulunmuş olup, insan sağlığı açısından risk teşkil etmediği düşünülmektedir.

Ortak FAO/WHO Uzman Komitesi tarafından yayınlanan Gıda ve Yemlerdeki Kirleticiler ve Toksinler için Kodeks Genel Standardı, nükleer veya radyolojik bir acil durumun ardından "İnsan tüketimine yönelik ve uluslararası ticareti yapılan gıdalardaki radyonüklidler" için belirli limit değerleri belirlemiştir (Joint FAO/WHO, 2016). Bu değerler Çizelge 5'te özetlenmiştir

Çizelge 5. Nükleer veya radyolojik acil durum sonrasında kontaminasyonda uluslararası ticarete kullanım için gıdalardaki radyonüklid seviyeleri (Joint FAO/WHO, 2016).

Table 5. Radionuclide levels in food for use in international trade in contamination after a nuclear or radiological emergency (Joint FAO/WHO, 2016).

Besin grubu <i>Food group</i>	Temsil eden radyonüklid <i>Representing radionuclide</i>	Radyonüklid seviye (Bq kg ⁻¹) <i>Radionuclide level</i>
Bebek mamaları <i>Baby foods</i>	²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am ⁹⁰ Sr, ¹⁰⁶ Ru, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ²³⁵ U ³⁵ S**, ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ¹⁰³ Ru, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ¹⁴⁴ Ce, ¹⁹² Ir ³ H***, ¹⁴ C, ⁹⁹ Tc	1 100 1000 1000
Bebek maması dışındaki diğer gıdalar <i>Other foodstuffs except baby foods</i>	²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am ⁹⁰ Sr, ¹⁰⁶ Ru, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ²³⁵ U ³⁵ S**, ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ¹⁰³ Ru, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ¹⁴⁴ Ce, ¹⁹² Ir ³ H***, ¹⁴ C, ⁹⁹ Tc	10 100 1000 10000

* Bu şekilde kullanılması amaçlandığında, ** Organik olarak bağlı kükürt değerini temsil eder, *** Organik olarak bağlı trityum değerini temsil eder

*When intended to be used in this way, **Represents the organically bound sulfur value, ***Represents the organically bound tritium value

Çalışmada temin edilen hamsi balıklarının radyonüklid konsantrasyonları Ortak FAO/WHO Uzman Komitesi tarafından nükleer veya radyolojik tehlike durumunda ticari amaçlı kullanılan gıdalar için belirtmiş olduğu radyonüklid seviyeleriyle kıyaslandığında oldukça düşük tespit edilmiştir. 1986'da Çernobil nükleer enerji santralinde meydana gelen patlama sonucunda oluşan nükleer serpinti aralarında Türkiye'nin de olduğu birçok Avrupa ülkesini etkilemiş olup Karadeniz ekosistemini ciddi şekilde hasara uğratmıştır. Bu kazayı takiben Karadeniz'deki balık türlerinde serpinti radyonüklidleri çeşitli araştırmacılar tarafından takip edilmektedir. Bu çalışmalardan; Baltaş vd. (2017) Rize ilinin farklı bölgelerinden temin ettikleri Hamsi balığında K-40 konsantrasyonlarını 56.70-109.10 Bq kg⁻¹ olarak tespit etmiş olup, mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir. Görür vd. (2012), Rize, Trabzon,

Giresun, Samsun ve Sinop bölgelerinden temin ettikleri hamsi örneklerinde K-40 ve Cs-137 konsantrasyonlarını sırasıyla K-40 için 35.04±0.24, 39.60±0.29, 36.30±0.23, 35.68±0.25 ve 112±1.57 Bq kg⁻¹ olarak, Cs-137 için ise 0.08±0.01, 0.06±0.01, 0.07±0.02, 0.06±0.01 ve 0.62±0.03 Bq kg⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışma bulguları ile mevcut sonuçları kıyaslandığında Cs-137 konsantrasyonları bakımından benzer özellik göstermektedir. K-40 konsantrasyonları ise Sinop bölgesinden temin edilen hamsi örnekleriyle benzer olup, diğer bölgelere göre daha yüksektir. Topcuoğlu vd. (2001), 1997-1998 yıllarında Amasra'dan temin ettiği hamsi balığında Cs-137 konsantrasyonunu 8±3 ve 10±5 Bq kg⁻¹, Sinop'tan temin ettiğinde <3 ve 5±3 Bq kg⁻¹ ve Perşembe'den temin ettiklerinde ise 4±2 ve <3 Bq kg⁻¹ bulmuştur. Huisu ve Kim (2021), Kore'den temin ettikleri hamsi balıklarını çok küçük (1.6-3 cm), küçük (4-

5 cm), orta (5-6 cm) ve büyük (7-8 cm) olarak gruplandırmışlar ve Cs-137 konsantrasyonunu sırasıyla 74 ± 11 , 121 ± 16 , 132 ± 16 ve 137 ± 19 Bq kg^{-1} olarak tespit etmiş olup, mevcut çalışmaya göre çok büyük farklılıklar göstermektedir.

Kalıcı Organik Kirleticiler (PCDD/F'ler toplamı, dl-PCB'ler ve indikatör PCB'ler toplamı)

Dioksin ve benzeri maddeler polivinilklorür plastik üretimi, kâğıt endüstrisinde kullanılan klorlü pestisitlerin ve herbisitlerin üretimi, kimyasal ve tıbbi atıkların toplu yakma fırınlarında yakılması gibi nedenlerden dolayı ortaya çıkmakta olup, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından birinci sınıf kanserojen maddeler içerisinde yer almaktadır (Koç ve Kısa, 2005). Mevcut çalışmada tüketime hazır olarak piyasaya sürülen hamsi balığı örneklerinde gerçekleştirilen analizler neticesinde elde edilen bulgular Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği 'Gıdalarda bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi' mevzuatında belirtilen maksimum kalıntı seviyelerinin altında tespit edilmiş olup, insan sağlığı açısından tüketilmesinde bir sakınca olmadığı görüşüne varılmıştır. Çakıroğulları vd. (2010) Karadeniz'den temin ettikleri mezgit (*Gadus merlangus* L. 1758), hamsi (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) ve istavrit balıkları (*Trachurus mediterraneus* S. 1868) PCDD/F'ler, dioksin benzeri PCB'ler ve indikatör PCB'ler açısından analiz etmişler ve sonuçlarını mevcut çalışmaya benzer bir şekilde TGK ve Avrupa Birliği mevzuatlarına uygun bulmuşlardır. Aynı çalışmada hamsi örneklerinde PCDD/F'ler toplamı ve indikatör PCB'ler toplamını sırası ile 0.53-0.48 pg TEQ/g yaş ağırlık ve 2.15-2.45 pg TEQ/g yaş ağırlık olarak tespit etmiş olup mevcut çalışmaya göre yüksek bulmuşlardır. Bartolini vd. (2020), Akdeniz'den yakaladıkları hamsi balığında indikatör PCB'ler toplamı (ICES-6), dl-PCB'ler toplamını ortalama olarak sırasıyla 3.15 ng/g yaş ağırlık ve 0.325 pg/g yaş ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Farklı bir çalışmada hamsi balığı (*Engraulis japonica*) için PCDD/F toplamı ve dl-PCB'ler toplamı sırasıyla 0.31 ± 0.48 ve 0.55 ± 0.32 TEQ pg/g yaş ağırlık olarak bildirilmiştir (Moon ve Choi, 2009). Mevcut çalışma sonuçları literatür verileriyle kıyaslandığında bazı farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların balık örneklerinin

farklı coğrafik ortamdan temin edilmeleri, tür farklılıkları, örnekleme yapılan su ortamına bilinçsiz tarım ilaçlamaları sonucu karışan kirleticiler, endüstriyel atıkların kontrolsüz bir şekilde bırakılması sonu su ortamına ulaşması, bazı yanma olayları sonucunda bölgeye yüksek düzeyde dioksinli bileşiklerin yayılması gibi sebeplerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tahmini Haftalık Alım (THA)

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) son yapılan düzenleme ile 14 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı olan tahmini haftalık alımı 2 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı indirmiştir (EFSA, 2018). Gerçekleştirilen çalışmada tahmini haftalık alım belirtilen maksimum limit seviyesinin oldukça aşağısında tespit edilerek (0.092 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı) EFSA'nın belirttiği kriterlere uygun özellik göstermektedir. Bartolini vd. (2020) yaptıkları çalışmada İtalya'dan yakaladıkları hamsi ve sardalya balıklarında THA'yı 0.29 ve 1.2 WHO-TEQ pg/kg vücut ağırlığı olarak bulmuş olup mevcut çalışmaya benzer şekilde EFSA tarafından belirtilen değerler bakımından uygunluk göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyılarından avcılık sezonunda gırgır tekneleriyle avlandıktan sonra su ürünleri işleme tesisinde dondurulup tüketime hazır olarak piyasaya sürülen hamsi balığının mikrobiyolojik kriter, radyonüklid konsantrasyonu ve kalıcı organik bileşiklerinin tespit edilip elde edilen sonuçların Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği Konseyinin belirtmiş olduğu yönetmeliklere uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre örneklene hamsi balığında mikrobiyolojik kriter yönünden hem Türk Gıda Kodeksi hem de Avrupa Birliği Konsey tarafından hazırlanan yönetmeliklerdeki kriterlere uygun özellik göstermiştir. Bu sonuçlara göre örnekleme yapılan işleme tesisinin balık taşıma ve nakil işlemleri, işleme ve depolama faaliyetleri, tesis ve personel hijyeni gibi şatları yerine getirdiği çıkarımı yapılabilir. Hamsi balığında radyonüklid aktivite konsantrasyonu ise tespit edilebilir sınır değerinin altında bulunmuş olup Avrupa Birliği Komisyonu tarafından oluşturulan yönetmeliklerin belirttiği

maksimum limit değerleri ile Ortak FAO/WHO Uzman Komitesinin belirttiği seviyelerin oldukça altında saptanmıştır. PCDD/F toplamı, dl-PCB'ler toplamı ve indikatör PCB'ler toplamı gibi kalıcı organik kirleticiler bakımından oldukça düşük seviyelerde bulunmuş olup mevzuatların belirttiği kriterler bakımından uygun özellik göstermiştir. Sonuç olarak gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre dondurularak piyasa sürülen hamsi balığı örneklerinin tüketilmesinde insan sağlığını riske atacak herhangi bir engel olmadığı ve Türk Gıda Kodeksi hem de Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belirtilen yönetmeliklerdeki yasal limitlere uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarın makale ile ilgili başka kişiler veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Trabzon İlinde faaliyet gösteren Su Ürünleri İşleme tesisine Hamsi balığı örneği temin ettiği için teşekkür ederim. Ayrıca analizlerin gerçekleştirildiği özel akredite firmalara teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Baltas, H., Kiris, E., Dalgic, G., Cevik, U. (2016). Distribution of 137Cs in the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in Eastern Black Sea Coast of Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 107(1), 402-407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.032>

Baltas, H., Kiris, E., Sirin, M. (2017). Determination of radioactivity levels and heavy metal concentrations in seawater, sediment and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) from the Black Sea in Rize, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2), 528-533. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.016>

Bartalini, A., Muñoz-Arnanz, J., Bains, M., Panti, C., Galli, M., Giani, D., Jiménez, B. (2020). Relevance of current PCB concentrations in edible fish species from the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, 737, 139520. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139520>

Bolat, Y., Cevher, H. (2018). Konya İli (Türkiye) Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları Üzerine Bir Anket Çalışması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14 (3), 241-252. DOI: 10.22392/egirdir.398151

Bolat, Y., Telli, Ö. (2019). Denizli İli su ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 15(1), 80-90

Commission Regulation (2006). Laying down methods of sampling and analysis for the official control of levels of dioxins and dioxin-like PCBs in certain foodstuffs. (EC) No 1883/2006, 19 December 2006. OJEU L364 20.12.2006, pp. 32-43.

CSN, I. (2008). CSN EN ISO 10703 (75 7630) Jakost vod–Stanovení objemové aktivity radionuklidů spektrometrií záření gama svysokým rozlišením. Praha: Český normalizační institut.

Çakıroğulları, G.Ç., Uçar, Y., Oymael, B., Bozkurt, E. N., Kılıç, D. (2010). PCDD/F, dl-PCB and indicator PCBs in whiting, Horse mackerel and anchovy in Black Sea in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3). Doi: 10.4194/trjfas.2010.0308

Çaylak, B., Çolakoğlu, F., Künili, İ.E., Ormancı, H.B. (2019). A Survey on Seafood Consumption and Consumer Preference in İzmir Province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(sp1), 101-106. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp1.101-106.2735>

Deniz B, Sarıözkan S. (2020). Kayseri ilinde balık tüketimi ve tüketici tercihlerinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3): 200-208.

EFSA (European Food Safety Authority). (2018). Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal*, 16, 5333. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>

European Commission, (2005). Commission Regulation (EC) No. 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs Official Journal of the European Union, L 338 (2005), pp. 1-26 22.12.2005.

European Commission (2011). Commission regulation (EC) No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and nondioxin-like PCBs in foodstuffs. Official Journal of the European Union L 320/18, 03.12.2011.

European Commission, (2016). Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom

Evren, M., Turhan, S., Üstün, N.Ş. (2008). Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balıklarının mikrobiyolojik özellikleri üzerine pişirme yöntemlerinin etkisi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.

Görür, F.K. Keser, R. Akçay, N. Dizman, S. (2012). Radioactivity and heavy metal concentrations of some commercial fish species consumed in the Black Sea Region of Turkey *Chemosphere*, 87, pp. 356-361. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.12.022>

Günşen, U., Özcan, A., Aydın, A. (2011). Determination of Some Quality Criteria of Cold Stored Marinated Anchovy under Vacuum and Modified Atmosphere Conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11 (2), Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/trjfas-ayrildi/issue/13273/160343>

Güvenin, O., Erdoğan Sağlam., N. (2020). The comparison of seafood consumption preferences and habits in Ordu and Samsun (Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(3), 259-265. DOI: 10.12714/egejfas.37.3.08

Huisu, L., Kim, I. (2021). Accumulations of artificial radionuclides ¹³⁷Cs and ²³⁹⁺²⁴⁰Pu in anchovy from the Korean seas. *Radioprotection*, 56(4), 319-326. Doi: 10.1051/radiopro/2021009

İnat, G., Pamuk, Ş., Sırıken, B., Demirel, YN. (2013). Tüketime hazır tuzlanmış hamsi balıklarının (*Engraulis encrasicolus*) mikrobiyolojik

ve kimyasal kalitelerinin belirlenmesi. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 84(1), 26-35.

Joint FAO & World Health Organization (WHO). (2016). Criteria for Radionuclide Activity Concentrations for Food and Drinking Water (No. IAEA-TECDOC-1788). Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture.

Karademir, F., Kahraman., T. (2021). İstanbul'da Tüketime Sunulan Midye Dolmaların Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(4), 433-440. <https://doi.org/10.30607/kvj.958598>

Karakaya, E., Sökmen, TÖ., Kırıcı, M. (2020). Erzincan İli Balık Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(1), 18-29

Karslı, B. (2021). Determination of metal content in anchovy (*Engraulis encrasicolus*) from Turkey, Georgia and Abkhazia coasts of the Black Sea: Evaluation of potential risks associated with human consumption. *Marine Pollution Bulletin*, 165, 112108. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112108>

Kılıç, Ö., Belivermiş, M., Gözel, F., Carvalho, F.P. (2014). Radioactivity levels in mussels and sediments of the Golden Horn by the Bosphorus Strait, Marmara Sea. *Marine pollution bulletin*, 86(1-2), 555-561. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.033>

Kocatepe, D., Turan, H., Kaya, Y., Taşkaya, G., Erdoğan, F., Erden, R. (2014). Effect of potassium metabisulphite, glaze and vacuum on shelf life of frozen blacksea anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus1758). *Research&reviews*, 9(3), 79-87.

Koç, F., Kısa, F. (2005). Dioksinler. *Etlük Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 16(1-2), 57-62.

Kuşat, M., Şahan, M. (2021). Su Ürünleri Tüketim Tercihleri Üzerine Uşak İlinde Bir Anket Çalışması. *Acta Aquatica Turvica*, 17 (3), 376-385. DOI: 10.22392/actaquat.848663

ÇŞİDB, (2022). Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://onceliklikimyasallar.csb.gov.tr/kalici->

- organik-kirleticiler-i-5173 (Erişim tarihi: 18.02.2022)
- Moon, H.B., Choi, H.G. (2009). Human exposure to PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs associated with seafood consumption in Korea from 2005 to 2007. *Environment International*, 35(2), 279-284. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.07.003>
- Öğretmen, Ö.Y. (2022). The effect of migration on fatty acid, amino acid, and proximate compositions of the Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linne 1758) from Turkey, Georgia, and Abkhazia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104197. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104197>
- Selvi, K., Kaya, B., Özdikmenli Tepeli, S., Kandemir, G. (2022). Çanakkale'nin Yenice ve Bayramiç ilçelerinde su ürünleri tüketiminin değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 18(0), <https://doi.org/10.22392/actaquatr.991184>
- Sheng, L., Wang, L. (2021). The microbial safety of fish and fish products: Recent advances in understanding its significance, contamination sources, and control strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 738-786. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12671>
- TGK (Türk Gıda Kodeksi) (2011). Türk Gıda Kodeksi Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 29.12.2011 Resmî Gazete Sayısı: 28157 (3. Mükerrer). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm> (Erişim Tarihi 21.02.2022)
- Topcuoglu, S., Kut, D., Esen, N., Gungor, N., Kirbasoglu, C. (2001). ¹³⁷Cs in Biota and Sediment Samples from Turkish Coast of the Black Sea, 1997–1998. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 250, 381–384. <https://doi.org/10.1023/A:1017932604374>
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), (2021). Su Ürünleri İstatistikleri 2021, Ankara.
- Türksönmez, Ç., Diler, A. (2019). Seasonal Determination of Heavy Metal Levels of Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.,1758) Obtained from the Marmara Sea. *Acta Biologica Turcica*, 32(4): 242-247.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), (1997). Method 1613B, Tetra- through octa-chlorinated dioxins and furans by isotope dilution HRGC/HRMS, September 15, 1997, 40 CFR 136 (FR 48405), Washington, DC
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), (2008). Method 1668B Chlorinated Biphenyl Congeners in water, soil, Sediments, biosolids and tissue by HRGC/HRMS. Nov. 2008.
- Yüksel, E., Diler, A. (2019). Ankara İlinde su ürünleri tüketim tercihlerinin belirlenmesi. *Aydın Gastronomi*, 3(1), 11-21.



FARKLI KEPEK FRAKSİYONLARININ EKMEK KALİTESİNE ETKİSİ

Ali Cingöz^{1*}, Özlem Akpınar¹, Abdulvahit Sayaslan²

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

²Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye

Geliş / Received: 01.02.2022; Kabul / Accepted: 23.03.2022; Online baskı / Published online: 30.03.2022

Cingöz, A., Akpınar, Ö., Sayaslan, A. (2021). Farklı kepek fraksiyonlarının ekmek kalitesine etkisi. *GIDA* (2022) 47 (2) 372-386 doi: 10.15237/gida.GD22019

Cingöz, A., Akpınar, Ö., Sayaslan, A. (2021). Effect of different wheat bran fractions on bread quality. *GIDA* (2022) 47 (2) 372-386 doi: 10.15237/gida.GD22019

ÖZ

Atık olarak değerlendirilen ve insan beslenmesinde kullanılmayan buğday kepeği, diyet lifi ve fonksiyonel bileşenlerce zengin bir üründür. Bu çalışmada >850 µm ve 200 µm boyutlarında buğday kepeği ilavesi ile yüksek lifli ve fonksiyonel özellikleri iyileştirilmiş ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) kaba ve ince kepek ile ikame edilmiş buğday unu ile ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel (toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite) özellikleri incelenmiştir. Ayrıca ekmeklerin önemli nişasta fraksiyonları belirlenmiştir. Kaba kepek ilavesi ince kepek ilavesine göre ekmeklerde daha fazla hacim azalmasına ve koyu kabuk rengine neden olmuştur. Kaba kepek ilavesi çözünmez diyet lifi içeriğinde artışa neden olmuştur. İnce kepek ilavesi çözünür diyet lif içeriğinde daha fazla artışa neden olmaktadır. İnce kepek ilavesi kaba kepek ilavesine göre ekmeklerin fonksiyonel özelliklerini daha fazla arttırmıştır. Ayrıca kepek ilavesinin ekmeğin besinsel özelliklerinde iyileşmeye neden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ekmek, buğday kepeği, nişasta, diyet lifi

EFFECT OF DIFFERENT WHEAT BRAN FRACTIONS ON BREAD QUALITY

ABSTRACT

Wheat bran, which is considered waste and not used in human nutrition, is a product rich in dietary fiber and functional components. In this study, the production of high-fiber bread with improved functional properties was produced with the addition of >850 µm and 200 µm sizes of wheat bran. In the scope of the study, bread was produced with wheat flour substituted with 3 different ratios (10, 20 and 30%) of coarse and fine bran. The physical, chemical and functional (total phenolic substance, total flavonoid substance and antioxidant activity) properties of the produced bread were examined. In addition, the important starch fraction properties of the breads were investigated. The addition of coarse bran causes more volume reduction and a darker crust color in the bread compared to the addition of fine bran. The addition of coarse bran caused an increase in the insoluble dietary fiber content, while the addition of fine bran caused a greater increase in the soluble dietary fiber content. The addition of fine bran increased the functional properties of the bread more than the addition of coarse bran. In addition, it was determined that the bran addition caused an improvement in the nutritional properties of the bread.

Keywords: Bread, wheat bran, starch, dietary fiber

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: ali.cingoz@gop.edu.tr

☎: (+90) 356 252 1616

☎: (+90) 356 252 1729

Ali Cingöz; ORCID no: 0000-0003-0958-2679

Özlem Akpınar; ORCID no: 0000-0001-6593-8495

Abdulvahit Sayaslan; ORCID no: 0000-0001-7161-1552

GİRİŞ

Ekmek belirli oranlarda buğday unu, maya, tuz ve suyun karıştırılıp yoğrulması, belirli bir süre fermantasyonu sonucu pişirilmesi ile elde edilen önemli bir gıda maddesidir. Beslenmede önemli bir paya sahip olan ekmek; kendine has nötr karakterde bir aromaya sahip oluşu dolayısıyla diğer gıdalar içinde iyi bir taşıyıcı özellik arz etmesi, daha kolay bulunabilir ve ucuz olması nedeni ile insan tüketiminde önemli bir yere sahiptir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Günümüzde artan sağlık problemleri insanları tahıl kepekleri ilave edilerek üretilmiş ekmek, bisküvi ve kek gibi ürünleri tüketmeye yönlendirmiştir. Fırıncılık ürünlerinde önemli bir ekonomik değeri olmayan kepek ürünleri, ilave edildikleri gıdaların raf ömrünü uzatırken (Prakongpan vd., 2002), alınan kalorinin azalmasına ayrıca gıdanın fonksiyonel özelliklerin artmasına neden olmaktadır (Sarıçoban vd., 2008).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, buğday tanesinin kepek kısmının fenolik asitler bakımından zengin olduğunu ve iyi bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Cingöz vd., 2017). Aleuron tabakasınca zengin ince kepek fraksiyonlarının fenolik ve antioksidan madde bakımından daha zengin olduğu bildirilmektedir (Liu vd., 2021). Antioksidanlarca zengin buğdayın kepek tabakası öğütme işlemi ile endospermden uzaklaştırılmaktadır (Yılmaz, 2011). Mikrobesein ögesi olarak kabul edilen fenolik bileşiklerin serbest radikalleri temizleme yeteneğinden dolayı sağlık açısından önemi gün geçtikçe artmaktadır (Cemeroğlu 2009). Dolayısıyla antioksidanca zengin gıdaların tüketimine ilgi de son yıllarda artmıştır (Cingöz vd., 2017).

Ülkemizde ekmek tüketiminin dünya ortalamalarının oldukça üzerinde olması, ekmek ile ilgili çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur (Hemdane vd., 2016; Meral ve Karaoğlu, 2019). Buğday kepeğinin ekmek üretiminde kullanılması ile ilgili farklı araştırmalarda; kaba ve ince kepekler farklı seviyelerinde una ilave edildiğinde unun reolojik özelliklerinde (gelişme süresi, stabilite) olumsuz değişimlere neden olduğu ve ekmek hacminde de düşüşlerin

meydana geldiği (Özboy ve Köksel, 1997) bildirilmiştir. Özellikle yüksek oranda kepek ilavesinin ekmek hacmini önemli ölçüde düşürdüğü, ekmeğin görsel ve yapısal özelliklerini bozduğu rapor edilmiştir. Kepek ilavesinin yapıda daha fazla su tutulmasına neden olması ekmek içi yumuşaklığını arttırmakta ve ekmeğin duyuşal özelliklerini kabul edilebilirlik sınırlarının dışına çıkarmaktadır (Kömürücü, 2005; Akbaş, 2010; Rezaei vd., 2019).

Majzoobi vd., (2013) farklı kepek boyutları ve oranları üzerinde yaptıkları çalışmada kepek boyutunun küçültülmesiyle kabuk rengi ve ekmek dokusu üzerinde daha az olumsuz etki gösterdiğini ve düz ekmek üretiminde 280 µm'den küçük partikül boyutuna sahip %15'den fazla kepek kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Coda vd., (2014) ortalama parçacık boyutu 160 µm olan buğday kepeğinin diğer kepek parçacık boyutlarına (750, 400 ve 50 µm) kıyasla daha yüksek özgül hacme neden olduğunu ve kepek kullanımında optimum kepek boyutunun önemli olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda belirli buğday türlerinden elde edilen kepeklerin ekmek hacmi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir (Penella vd., 2008; Cai vd., 2014). Noort vd., (2010) kepek boyutunun azaltılması ile arabinoksilan zincirlerine erişilebilirliğinin arttığını bununda daha fazla ferulik asit ve gluten proteinleri etkileşimine yol açarak gluten ağ yapısı üzerinde olumsuz etki bıraktığını ayrıca hücrelerin kırılması nedeniyle konjuge ferulik asit monomerleri veya glutasyon gibi reaktif bileşenlerin serbest kalabileceğini öne sürmüşlerdir. Majzoobi vd., (2013) kepek ilavesinin ekmek iç renginde koyulaşmaya ve duyuşal özelliklerinde olumsuzluğa neden olduğunu ancak kepek partikül boyutunun lezzeti etkilemediğini rapor etmiştir. Bugün her ne kadar ekmek nötr gıda olarak kabul edilse de ekmeğin fazla tüketiminde içerisinde bulunan nişastadan dolayı çeşitli sağlık sorunları (obezite, diyabet, kalp damar rahatsızlıkları gibi) ile karşılaşmaktadır. İnsan diyetinde önemli bir yeri olan tahıl ve baklagil ürünleri nişasta bakımından zengin ürün gruplarıdır. Bu bakımdan yavaş sindirilebilir ve dirençli nişasta içeriği yüksek, hızlı sindirilebilir

nişasta içeriği düşük gıdaların tercih edilmesi diyabet gibi hastalıkların önlenmesinde önemlidir (Englyst vd., 2003; Dona vd., 2010). Ayrıca çözünebilir diyet liflerinin tokluk kan şekeri ve insülin düzeyini azalttığı rapor edilmiştir (Ou vd., 2001). Yapılan bir çalışmada ülkemizde buğday kepekli ekmeklerde %76.6 toplam nişasta, %68.0 hızlı sindirilebilir nişasta, %2.0 yavaş sindirilebilir nişasta ve %6.6 dirençli nişasta fraksiyonları tespit etmiş olup, pirinç ve mısır katkılı unlardan elde edilen ekmeklere kıyasla bu değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Taş ve El, 2000).

Yapılan birçok çalışma, buğday kepeğinin hem işlevsel hem de duyuşal özellikler açısından ekmek yapımı ve ekmek kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini göstermektedir (Majzobi vd., 2013; Rezaei vd., 2019). Ayrıca kepeklerin mevcut besinsel özelliklerinin beslenme potansiyelini en iyi şekilde kullanmak ve ekmek üretiminde kepek kullanımının besin özellikleri üzerindeki etkilerini tespit etmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada farklı kepek fraksiyonlarının ekmeğin teknolojik ve duyuşal özellikleri ile besinsel özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı oranlarda ilave edilen buğday kepeklerinden ekmek üretilmiş ve üretilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve tekstürel özellikleri ile birlikte diyet lifi ve önemli nişasta fraksiyonları gibi besinsel özellikleri de incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Ekmeklik un ile kaba (>850 mikron) ve ince (200 mikron) buğday kepeği Birsan Birlik Gıda San. ve Tic. A.Ş.'den (Tokat) temin edilmiştir. Maya ve tuz yerel marketten temin edilmiştir. Un ve kepekler kullanılıncaya kadar serin ve kuru bir ortamda kapalı olarak muhafaza edilmiştir.

Ekmek Üretimi

Direkt ekmek pişirme metodu modifiye edilerek ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonymous, 1990). 100 gram un esasına göre; %3 maya, %1.5 tuz ve su kaldırma değerinin 2 puan üzeri su ve 3 farklı oranda (%10, %20 ve %30) buğday ununa yer değiştirme esasına göre kaba ve ince kepek

kullanılarak ekmek üretimi ve kontrol ekmeği (%0) üretimi gerçekleştirilmiştir. Hamur bileşenleri yoğrularak, 30°C'de %85 nispi nemde 30 dak kitle fermantasyonuna tabi tutulmuştur. Ekmek hamuru havalandırılıp 4 eşit parçaya bölüdüktan sonra 30°C'de %85 nispi nemde 20 dak ara fermantasyona ardından şekil verilerek özel yapılmış ekmek kalıplarına (13×8×5 cm) dizilerek 42°C'de 45 dak %85 nispi nemde son fermantasyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda ekmekler 230°C'de konveksiyonlu buharlı fırında (Kromlüks KKF-E/10, Türkiye) 15 dak süreyle pişirilmiş ve analizlere alınmak üzere 5 s bekletilerek oda sıcaklığında soğutulmuştur.

Kimyasal Bileşim

Ekmeklerin nem ve kül içerikleri AACC (2004) metotlarına göre, protein içerikleri mikro kjeldahl yöntemi ile (AOAC, 2000), toplam yağ içeriği Ankom yağ ekstraksiyon cihazı ile belirlenmiştir (AOAC, 2000).

Ağırlık ve Hacim Analizi

Üretilen ekmek örnekleri fırından çıkarıldıktan sonra 60 dak oda koşullarında soğutulmuş ve ağırlıkları tartılarak hacimleri ölçülmüştür. Hacim ölçümü kolza tohumu ile yer değiştirme esasına göre AACC 10-05 metoduna göre yapılmıştır (Anonymous, 1990). Ekmek hacminin ekmek ağırlığına bölünmesi ile spesifik hacimler hesaplanmıştır (Elgün vd., 2005).

Bayatlama Hızının Tespiti

Ekmek içi sertlik ölçümü için, üretilen ekmekler 0, 24, 48 ve 72 s sonra 20 mm kalınlığında testere ağızlı bir bıçak ile kesilmiştir. Orta dilimin iki yanında kalan dilimlerin dışa bakan yüzeylerinden, Tekstür analiz cihazı (Zwick Z0.5) ile 10 mm'lik baskı derinliğinde sertlik değeri (Newton/cm²) belirlenmiştir (Aydın ve Ögüt, 1991).

Renk Analizi

Ekmeklerde renk tayini; Konica Minolta Colorimeter (CR-300) ile yapılmıştır. Numunelerde üç farklı bölgeden ölçüm yapılmış ve renk bileşenleri L*, a* ve b* değerleri tespit edilmiştir (Singh vd., 2005).

Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Ekmek örneklerinin (2 g) üzerine %50'lik aseton (20 ml) eklenmiş ve 200 rpm'de 15 s ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon bitiminde ekstraktlar filtre edilerek santrifüjlenmiş (6000 rpm, 10 dak) ve elde edilen süpernatant -18°C'de depolanmıştır (Eberhardt vd., 2000)

Toplam fenolik ve flavonoid madde tayini:

Ekstraktların toplam fenolik madde içerikleri Singleton vd., (1965) tarafından geliştirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Sonuçlar "gallik asit eşdeğeri" olarak ifade edilmiştir. Toplam flavonoid miktarları Eghdami ve Sadeghi (2010)'a göre tespit edilmiştir. Sonuçlar "kuersetin eşdeğeri" olarak ifade edilmiştir.

Antioksidan aktivite tayini: Ekstraktların antioksidan tayini 3 farklı yöntemle belirlenmiştir. DPPH radikal süpürme antioksidan kapasite tayini Williams vd., (1995)'na göre, ABTS⁺ radikali süpürme kapasitesi Re vd., (1999)'na göre ve Demir (III) indirgeme antioksidan gücü (FRAP) antioksidan kapasite analizi, Benzie ve Strain (1996) göre yapılmıştır. Sonuçlar "troloks eşdeğeri" olarak ifade edilmiştir.

Toplam Diyet Lifi Tayini

Ekmek örneklerinin diyet lifi içerikleri AOAC 991.43 (2000) ve AACC 32.07.01 (2004) metodlarına göre yapılmış ve Megazyme analiz kiti kullanılmıştır. Örnekler sırasıyla α -amilaz (30 dak, 100°C), proteaz (30 dak, 60°C) ve amiloglukozidaz (30 dak, 60°C) enzimleri ile muamele edilmiş, nişasta ve protein molekülleri yapıdan uzaklaştırılmıştır. Elde edilen karışım gooch krozesi ile filtre edilmiştir. Krozenin üst kısmında kalan katı kısım sırasıyla saf su, etanol (%95) ve asetonla (%99) yıkanmış ve 105°C'de 3 sa kurutulmuştur. Kuruyan örneklerde kül ve protein içerikleri tespit edilerek çözünmeyen diyet lifi hesaplanmıştır. Filtrasyon sonucu elde edilen filtrata hacmin dört katı kadar etanol (%95) ilave edilerek çözünür diyet lifleri çöktürülmüş ve filtre edilmiştir. Çökelti sırasıyla %78 ve %95'lik etanol ve aseton ile yıkanmış, sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve kalıntıda kül ve protein analizleri yapılarak, çözünür diyet lifi miktarı bulunmuştur.

Beslenme Açısından Önemli Nişasta Fraksiyonlarının Belirlenmesi

Ekmek örneklerinin önemli nişasta fraksiyonları (toplam ve hızlıca kullanılabilir glikoz, hızlı ve yavaş sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta) ve nişasta hidroliz indeksi (NHI) in vitro sindirim metodu ile tespit edilmiştir (Englyst vd., 1992).

Örnekler tartılmadan önce kahve değirmeninde öğütülmüştür. Toz haline getirilen örnekler bir deney tüpüne alınmış (0.7-0.8 g) üzerine guar gam (50 mg), cam boncuk (4 mm, 15 adet), sodyum asetat tamponu (pH 5.2, 5 ml) ve invertaz, pankreatin ve amiloglikozidaz enzim karışımı ilave edilmiştir. Karışım 120 dak boyunca yatay konumda 37°C'de su banyosunda çalkalanmıştır. 20. (G20) ve 120. (G120) dakikalarda tüplerden örnek alınmış ve enzimatik aktivite etil alkol ilavesi ile durdurulmuş ardından glukoz oksidaz peroksidaz (GOPOD) metodu ile toplam glikoz içerikleri tespit edilmiştir. Daha sonra kaynar su banyosunda ekmek örneklerinde bulunan nişastanın tamamı çirşlendirilmiş ve buzlu su ortamında 7 M KOH ile muamele edilmiştir (30 dak). Tüplere daha sonra amiloglikozidaz enzimi ilave edilerek nişastanın tamamen hidrolizi sağlanmış ve enzimatik aktivite tüpler kaynar suda tutularak durdurulmuş, ekstraktlar santrifüjlenerek berraklaştırılmış ve örneklerin toplam glikoz (TG) içerikleri G20 ve G120'de olduğu gibi glukoz oksidaz peroksidaz (GOPOD) metodu kullanılarak belirlenmiştir.

Ayrıca örnekler yukarıda açıklanan yöntemle invertaz enzimi ile muamele edilerek serbest glikoz (SG) miktarları belirlenmiştir. Ekmeklerin farklı glikoz ve nişasta fraksiyonları Englyst vd., (1992) tarafından önerilen yaklaşımla SG, G20, G120 ve TG değerleri kullanılarak aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$TN = (TG - SG) \times 0.9;$$

$$HKG = G20;$$

$$HSN = (G20 - SG) \times 0.9;$$

$$YSN = (G120 - G20) \times 0.9;$$

$$NHI = (HSN / TN) \times 100$$

(TN: toplam nişasta, TG: toplam glukoz, SG: serbest glukoz, HKG: hızlı kullanılabilir glukoz, HSN: hızlı sindirilebilir nişasta, YSN: yavaş sindirilebilir nişasta, NHI: nişasta hidroliz indeksi)

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS programı kullanılmış (IBM SPSS Statistics 22, Inc., Chicago, IL, USA), sonuçların varyans analizleri yapılmış (ANOVA) ve Duncan testi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar %95 güven aralığında değerlendirilmiştir. Sonuçlar üç tekrar ortalaması \pm standart sapma olarak verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA**Kimyasal Kompozisyon**

Çalışmada kullanılan kaba ve ince kepeklerin sırasıyla protein içerikleri 14.6 ± 0.3 ve 12.5 ± 0.4 , yağ içerikleri 2.57 ± 0.06 ve 3.52 ± 0.05 , kül içerikleri ise 6.69 ± 0.03 ve 4.04 ± 0.03 olarak tespit edilmiştir (Cingöz vd., 2017). Çalışmada incelenen ekmeklerin kimyasal kompozisyonu Çizelge 1'de verilmiştir. Ekmeklik una kepek ilavesinin toplam yağ içeriğini arttırdığı görülmektedir. Bu artışın ince kepek ilavesinde daha fazla olduğu

bulunmuştur. Ayrıca toplam protein içeriğinin kepek boyutunun artmasına paralel olarak arttığı belirlenmiştir. İnce kepeklerde toplam yağ oranının kaba kepekler göre daha fazla olduğu, protein oranının ise boyut büyüdükçe artış gösterdiği bildirilmektedir (Cingöz vd., 2017). Kaba kepeklerin su tutma kapasitenin daha fazla olması sebebiyle ekmeklerin nem içeriklerinde belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Kaba kepeğin kül içeriğinin %6.7–7.1 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Noort vd., 2010; Jacobs vd., 2008). Kül içeriğinde kaba kepek ilavesi ince kepek ilavesine göre daha yüksek bir artışa neden olmuştur. Kaba ve ince kepek ilavesinin kontrol örneğine göre kimyasal bileşimde önemli değişimlere neden olduğu ve kepek ilavesinin kontrol ekmeğine göre yağ, protein ve kül miktarlarında istatistiksel açıdan önemli düzeylerde ($p < 0.05$) artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Ekmek örneklerinin kimyasal bileşimi

Table 1. Chemical composition of bread samples

	Yağ % Fat %	Protein % Protein %	Nem % Moisture %	Kül % Ash %
KONTROL CONTROL	0.63 ± 0.03^g	11.36 ± 0.15^d	34.09 ± 0.14^c	1.58 ± 0.00^g
%10 KEPEK %10 BRAN	1.00 ± 0.05^f	11.60 ± 0.10^{bc}	35.80 ± 0.07^b	2.63 ± 0.02^c
%20 KEPEK %20 BRAN	1.22 ± 0.03^e	11.83 ± 0.10^b	37.42 ± 0.05^a	3.25 ± 0.01^b
%30 KEPEK %30 BRAN	1.42 ± 0.03^c	12.18 ± 0.06^a	36.54 ± 0.68^{ab}	3.85 ± 0.00^a
%10 İNCE KEPEK 10% FINE BRAN	1.37 ± 0.05^d	11.52 ± 0.04^c	34.03 ± 0.04^c	1.92 ± 0.00^f
%20 İNCE KEPEK 20% FINE BRAN	1.52 ± 0.04^b	11.62 ± 0.14^{bc}	34.13 ± 0.02^c	2.32 ± 0.01^e
%30 İNCE KEPEK 30% FINE BRAN	1.69 ± 0.01^a	11.86 ± 0.02^b	34.37 ± 0.01^c	2.57 ± 0.01^d

*a,b,... harfleri aynı sütundaki örneklere ait $P < 0.05$ seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. The letters *a, b, indicate statistical differences at the $P < 0.05$ level of the samples in the same column.

Fiziksel Özellikler

Ekmek örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. Kontrol ekmeği 455 cm^3 hacme sahipken kepek ilave edilmiş ekmeklerde hacim $203\text{-}248.6 \text{ cm}^3$ 'e kadar düşmüştür. Fırın ürünlerine farklı lif kaynaklarının ilave edilmesinin belirli oranlara kadar ekmeklerin fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, lif oranının artması ile fiziksel özelliklerde istenmeyen durumların meydana geldiği tespit edilmiştir (Kaack vd., 2006; Hoye ve Ross, 2011; Altunkaya vd., 2013; Guevara-Arauz vd., 2015; Chang vd., 2015). Ayrıca daha önceki çalışmalarda ekmeklere

ilave edilen kepek boyutunun hacim üzerinde etkileri olduğu bildirilmiştir (Zhang ve Moore, 1999; Kim vd., 2013). Çalışmamızda elde edilen veriler literatür ile benzerlik göstermektedir.

Spesifik hacim değeri; ekmek hacminin ağırlığa bölünmesi ile elde edilmektedir. Spesifik hacim değerleri 1.96 ile $4.61 \text{ cm}^3/\text{g}$ arasında değişmekte olup, kepek ilave oranının artışına paralel olarak düşme eğilimi göstermiştir. Bu azalma kaba kepek ilavesinde daha yüksek seviyededir. Buğday ununa 3 farklı oranda darı unu katılarak üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin $2.16\text{-}3.55$

cm³/g arasında değiştiği (Patil vd., 2016), farklı kepek boyutları ile yapılan başka bir çalışmada bu değerin 1.95-5.09 cm³/g arasında olduğu (Curti vd., 2013), %20 oranında ilave edilen kepeğin ekmeğin spesifik hacmini 2.60 cm³'den 2.03 cm³'e düşürdüğü bildirilmiştir (Messia vd., 2016).

Aydogdu vd., (2018) yaptıkları çalışmada kekin yapısına farklı lif kaynakları ilave etmiş ve lif miktarındaki artış ile spesifik hacim değerlerinin düştüğünü rapor etmişlerdir. Kepek ilavesi ile spesifik hacim değerlerinde meydana gelen azalma yapılan çalışmalara benzerlik göstermektedir.

Çizelge 2. Ekmek örneklerinin fiziksel özellikleri
Table 2. Physical properties of bread samples

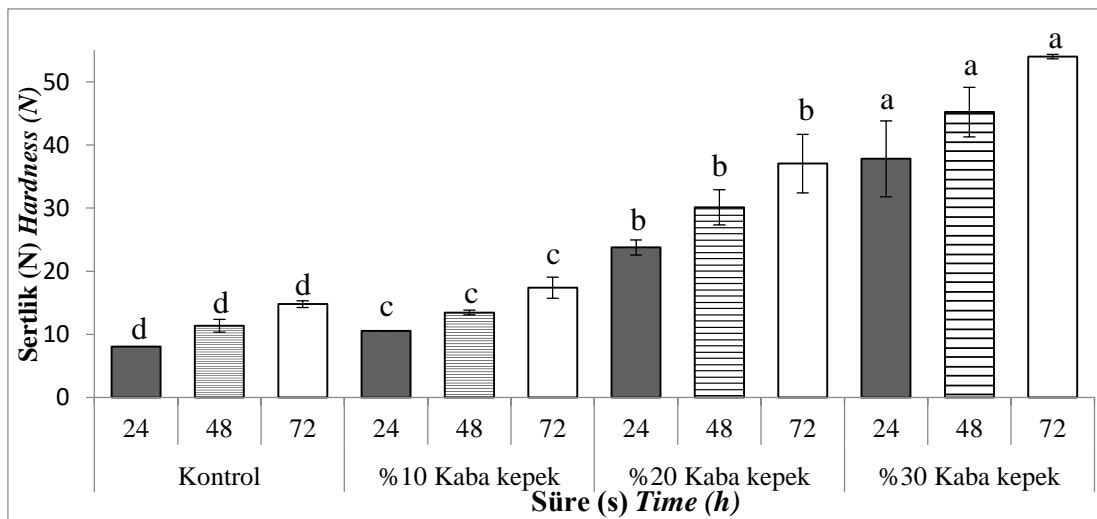
	Hacim (cm ³) Volume (cm ³)	Ağırlık (gr) Weight (gr)	Yükseklik (cm) Height (cm)	Spesifik Hacim (cm ³ /g) Specific Volume (cm ³ /g)
KONTROL CONTROL	455±12.12 ^a	98.6±0.57 ^e	7.74±0.01 ^a	4.61
%10 KEPEK %10 BRAN	371±12.12 ^c	101.3±0.57 ^{bc}	6.29±0.01 ^b	3.66
%20 KEPEK %20 BRAN	336±0.94 ^e	102.3±0.23 ^{ab}	5.21±0.05 ^e	3.28
%30 KEPEK %30 BRAN	203±12.12 ^g	103.3±0.23 ^a	4.77±0.01 ^f	1.96
%10 İNCE KEPEK 10% FINE BRAN	409±10.50 ^b	101.3±0.23 ^{bc}	6.21±0.03 ^c	4.03
%20 İNCE KEPEK 20% FINE BRAN	353.6±5.77 ^d	102.3±0.23 ^{ab}	5.44±0.02 ^d	3.45
%30 İNCE KEPEK 30% FINE BRAN	248.6±5.77 ^f	100.3±0.35 ^d	4.78±0.03 ^f	2.47

*a,b... harfleri aynı sütündeki örneklere ait P<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. The letters *a, b.. indicate statistical differences at the P<0.05 level of the samples in the same column.

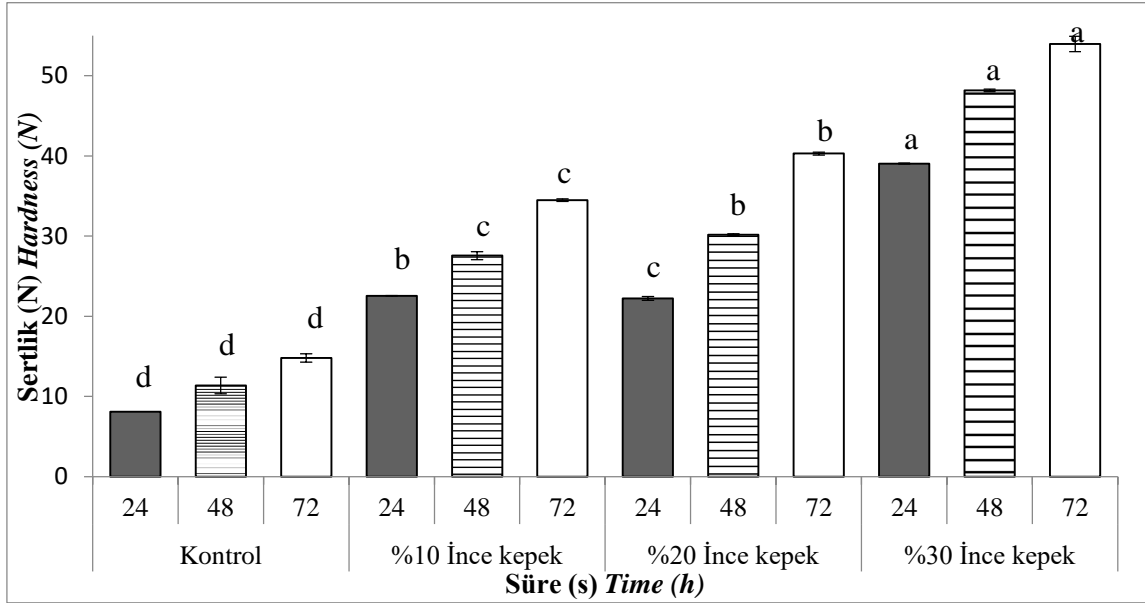
Bayatlama Hızı

Ekmeklerin 0, 24, 48 ve 72. saatlerde sertlik durumlarındaki artış tekstür cihazı ile tespit edilmiş ve sonuçlar Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Ülkemizde yılda 1,7 milyar ekmekek bayatlama ve diğer sebeplerden dolayı israf edilmektedir (Anonymous, 2020). Ekmeğin bayatlamasının da temel faktörün nişastanın

retrogradasyonu olduğu ayrıca yüzeysel kuruma, nişasta ve gluten molekülleri arasında meydana gelen bağlanmaların da bayatlama üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Martın vd., 1991). Ekmeğin bayatlamasının tespitinde farklı uygulamalar vardır. Tekstür ölçümü de bayatlama sürecinin tespitinde kullanılan yöntemlerden birisidir (Lassoued vd., 2008).



Şekil 1. Kaba kepek ilaveli ekmekek örneklerinin sertlik (N) değerleri
Figure 1. Hardness (N) values (%) of coarse bran added bread samples



Şekil 2. İnce kepek ilaveli ekmek örneklerinin sertlik (N) değerleri
 Figure 2. Hardness (N) values of fine bran added bread samples

Kepek ilave edilerek üretilen ekmekler daha düşük bir hacim ve daha sıkı bir iç yapıya sahiptir. Bundan dolayı ekmeklerin sertlik değerinde de bir artış görülmektedir. Fırın çıkışından 5 s sonra yapılan 0. s ölçümlerine göre kontrol ekmeğinde 3.58 N olan sertlik değeri, ilave edilen kaba kepek oranının artışına paralel olarak 6.94 N'dan 54.00 N düzeyine kadar çıkmaktadır. Benzer durum ince kepek ilave edildiğinde de görülmektedir (Şekil 1 ve Şekil 2). Ekmekler soğuduktan sonra oda sıcaklığında 72 s boyunca kapalı polietilen ambalajlar içerisinde bekletilmiştir. Her 24 saatte bir örnek alınmış ve sertlik değerleri tespit edilerek bayatlama hızı hakkında fikir edinilmiştir. Una kaba kepek ilavesinin ince kepek ilavesine göre bayatlama hızını düşürdüğü tespit edilmiştir. Kaba kepeklerin yapılarında daha fazla selüloz içermesi ve selülozun yüksek su tutma kapasitesinin buna neden olduğu düşünülmektedir. Una artan oranlarda diyet lifi (Feili vd., 2013; Jensen vd., 2015) ile kaba ve ince kepek ilavesinin (Gomez vd., 2011; Curti vd., 2013; Le Bleis vd., 2015) ekmeklerin başlangıç sertlik değerini yükselttiği (Ghoshal vd., 2013) rapor edilmiştir.

Renk Özellikleri

Gıdaların arzu edilen renk özelliklerine sahip olması tüketicilerin tercih nedenlerinden bir tanesidir (Anonymous, 2012). Ekmeğin kendine

has parlak sarı kabuk rengi ve açık sarı iç rengi tüketicilerin aradıkları ilk özelliklerdendir. Ekmek üretiminde kepek kullanımı ise kabuk ve iç rengi koyulaştırmakta ve tüketici tercihlerini negatif yönde etkilemektedir.

Tüm ekmek örneklerinin kabuk ve iç renkleri, uluslararası l'Eclairage komisyonu (CIE) tarafından geliştirilen üç nokta ölçüm yöntemi olarak bilinen yönteme göre L* (karanlık-aydınlık), a* (kırmızılık-yeşillik) ve b* (sarılık mavilik) değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 3). Ekmek kabuklarının renk değerleri incelendiğinde kepek ilavesinin L değerini düşürdüğü ve kepek oranı arttıkça meydana gelen düşmenin arttığı tespit edilmiştir. Ekmeklerin kabuk a değerleri kaba kepekte yükselirken, ince kepekte azalmıştır. Bu farklılığa kepek boyutlarının neden olduğu düşünülmektedir. Kabuk b değerleri ise kepek ilavesi ile düşmüş ve kabuğun sarılığı azalmaya başlamıştır. Kabuk renk değerlerine bakıldığında kaba kepeğin ince kepeğe göre ekmeklerin kabuk renginin daha koyu kahverengi olmasına neden olduğu belirlenmiştir. Kaba ve ince kepek ilavesinin ekmeğin iç rengini koyulaştırdığı ayrıca ilave edilen kaba kepek oranının artması ile iç rengin kahverengi bir yapıya dönüştüğü tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk özellikleri
 Table 3. Crust and inner color properties of bread samples

	KABUK Crust			İÇ Crumb		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
KONTROL CONTROL	65.30±2.00 ^a	7.96±0.19 ^b	30.81±0.71 ^a	75.45±0.78 ^a	-1.01±0.01 ^f	14.41±0.15 ^f
%10 KEPEK %10 BRAN	60.69±0.27 ^c	8.21±0.37 ^{ab}	27.53±1.00 ^c	63.79±0.15 ^b	3.37±0.06 ^d	17.43±0.31 ^c
%20 KEPEK %20 BRAN	55.64±0.25 ^d	8.38±0.17 ^a	27.94±0.40 ^c	57.24±0.40 ^f	5.22±0.11 ^b	20.09±0.08 ^a
%30 KEPEK %30 BRAN	53.52±0.17 ^e	5.79±0.10 ^c	20.26±0.20 ^e	50.76±0.14	7.65±0.07 ^a	19.67±0.17 ^b
%10 İNCE KEPEK 10% FINE BRAN	61.23±0.41 ^c	7.64±0.12 ^c	30.81±0.14 ^a	67.23±0.06 ^c	1.35±0.09 ^e	18.58±0.28 ^d
%20 İNCE KEPEK 20% FINE BRAN	61.56±0.09 ^c	7.17±0.04 ^d	28.85±0.14 ^b	62.38±0.15 ^d	3.26±0.07 ^d	19.43±0.03 ^c
%30 İNCE KEPEK 30% FINE BRAN	62.49±0.37 ^b	7.62±0.16 ^c	26.72±0.40 ^d	57.82±0.12 ^c	4.47±0.07 ^c	18.86±0.04 ^d

*_{a,b...} harfleri aynı sütundaki örneklere ait P<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. The letters *_{a, b...} indicate statistical differences at the P<0.05 level of the samples in the same column.

Fonksiyonel Özellikler

Tüketicilerin fonksiyonel ve sağlıklı ürünlere yönelmesi nedeniyle diyet lifi ve antioksidan içeriği yüksek gıdalara talep artışı olmuştur. Ekmek örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde ile toplam antioksidan içerikleri Çizelge 4'de gösterilmektedir. Buğday kepeği yüksek oranda flavonoid madde ve fenolik asit içermektedir (Adom vd., 2005). Çalışmamızda kullanılan kaba ve ince kepeklerin toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla 124.55±2.23 ve 151.83±3.76 mg GE/100 g, toplam flavonoid madde içerikleri ise sırasıyla 52.36±1.50 ve 69.55±2.32 mg QE/100 g olarak belirlenmiştir (Cingöz vd., 2017). Kepek ilavesi ekmeklerde toplam fenolik madde içeriklerini arttırmış ve bu artış ince kepekte daha yüksek seviyede bulunmuştur. Kepek boyutunun küçültülmesi fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu kolaylaştırmakta ve daha fazla açığa çıkmasına neden olmaktadır. Örneklerin polifenol içeriğini yansıtan toplam flavonoid madde miktarı (Abozed vd., 2014) ince kepek ilaveli ekmeklerde daha yüksek tespit edilmiştir. Brewer vd., (2014) yaptıkları çalışmada kepek boyutunun küçülmesi

ile flavonoid madde içeriklerinin arttığını bildirmiştir. Benzer bir çalışmada kepekli unların beyaz unlara göre flavonoid madde içeriklerinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Li vd., 2015). Çalışmamızda tespit edilen fonksiyonel özellikler yapılan diğer araştırmalar ile uyum göstermektedir.

Ekstrakte edilen örneklerin antioksidan aktivite içerikleri 3 farklı yöntemle (DPPH, ABTS ve FRAP) ölçülmüş ve Çizelge 4'de sunulmuştur. Üretimde kullanılan kaba ve ince kepeğin DPPH değerleri 3.09±0.07 ve 4.05±0.31 µmol TE/100 g, ABTS değerleri 9.32±0.07 ve 12.51±0.05 µmol TE/100 g ayrıca FRAP değerleri 7.37±0.14 ve 10.15±0.32 µmol TE/100 g olarak tespit edilmiştir (Cingöz vd., 2017). Kepek ilavesi ekmeklerde antioksidan madde değerlerini arttırmıştır. Bu artış ince kepek ilavesinde daha yüksek seviyededir. Fitokimyasal maddelerin ekstraksiyonunda parçacık büyüklüğü etkilidir (Brewer vd., 2014; Rosa vd., 2013; Hemery vd., 2010). Fenolik madde ve antioksidan madde içeriklerinin ince kepekte daha yüksek olması bunu doğrulamaktadır.

Çizelge 4. Ekmek örneklerinin toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan içerikleri
 Table 4. Total phenolic, flavonoid and antioxidant contents of bread samples

	DPPH	ABTS	FRAP	Toplam Fenolik Madde	Toplam Flavonoid Madde
				Total Phenolic Substance	Total Flavonoid Substance
	µM TE/100gr			mg GAE/100gr	µg QE/100gr
KONTROL CONTROL	1.12±0.09 ^e	4.22±0.11 ^f	2.25±0.02 ^e	21.14±1.70 ^d	10.78±0.52 ^f
%10 KEPEK %10 BRAN	1.30±0.02 ^d	7.04±0.49 ^e	4.23±0.03 ^d	44.68±0.50 ^c	14.43±0.03 ^c
%20 KEPEK %20 BRAN	1.38±0.14 ^d	8.23±0.02 ^d	5.08±0.03 ^e	53.60±1.33 ^b	21.53±0.44 ^d
%30 KEPEK %30 BRAN	1.83±0.10 ^c	9.92±0.08 ^b	5.85±0.02 ^b	55.56±0.79 ^b	25.38±0.52 ^c
%10 İNCE KEPEK 10% FINE BRAN	1.80±0.15 ^c	7.01±0.03 ^e	4.20±0.13 ^d	55.68±0.67 ^b	25.90±0.41 ^c
%20 İNCE KEPEK 20% FINE BRAN	2.29±0.04 ^b	8.65±0.07 ^c	5.19±0.22 ^c	62.68±0.75 ^a	35.24±0.03 ^b
%30 İNCE KEPEK 30% FINE BRAN	2.99±0.10 ^a	11.08±0.04 ^a	6.76±0.07 ^a	61.39±0.13 ^a	38.02±0.46 ^a

*a,b... harfleri aynı sütundaki örneklere ait P<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. The letters *a, b.. indicate statistical differences at the P<0.05 level of the samples in the same column.

Ürünlere fonksiyonellik katan diyet lifleri çözünür ve çözünmez olmak üzere iki farklı formda bulunmaktadır (Fernandez-Gines vd., 2004). Prebiyotik özelliğe sahip olan çözünür diyet liflerinin sindirim sistemi ve kolesterol metabolizması üzerine olumlu etkileri mevcuttur. Çözünmez diyet liflerinin ise obezite, diyabet ve kalp damar rahatsızlıklarının önlenmesinde yardımcı etkileri bulunmaktadır (Tungland ve Meyer, 2002). Ekmek örneklerinde bulunan çözünür, çözünmez, toplam diyet lifi oranları Çizelge 5’de gösterilmiştir. Kaba kepeğin toplam, çözünmez ve çözünür diyet lifi içerikleri sırasıyla 64.01, 59.0 ve 5.01 iken ince kepeğin 33.79, 29.5 ve 4.29 olarak tespit edilmiştir. Perikarptan elde

edilen kaba kepek çözünmez diyet lifi bakımından zengin iken ince kepek farklı oranlarda endosperm, embriyo ve kepekten meydana gelmektedir ve çözünür diyet lifi miktarı yüksektir (Cingöz vd., 2017). Ekmeklerin çözünmez lif içeriği kaba kepek ilavesi ile %13.52 seviyesine kadar çıkarken ince kepek ilavesinde %7.54 seviyesinde kalmıştır. İnce kepek ilavesi ile çözünür lif içeriği %2.60 düzeyine, kaba kepek ilavesi ile %2.28 düzeyine yükselmiştir. Yapılan bir çalışmada ekmek üretiminde %20 kepek ilavesinin toplam diyet lifi miktarını %3.4’den %9.8’e yükselttiği bildirilmiştir (Messia vd., 2016). Çalışmamızda elde edilen veriler bu literatür verileriyle benzerlik göstermektedir.

Çizelge 5. Ekmek örneklerinin diyet lifi içerikleri
 Table 5. Dietary fiber content of bread samples

	Çözünmez Diyet Lifi	Çözünür Diyet Lifi	Toplam Diyet Lifi
	Insoluble Dietary Fiber	Soluble Dietary Fiber	Total Dietary Fiber
KONTROL CONTROL	3.58±0.11 ^f	0.76±0.02 ^f	4.34±0.10 ^g
%10 KEPEK %10 BRAN	6.47±0.25 ^d	1.71±0.06 ^e	8.18±0.19 ^e
%20 KEPEK %20 BRAN	10.32±0.31 ^b	1.94±0.16 ^d	12.26±0.45 ^b
%30 KEPEK %30 BRAN	13.52±0.05 ^a	2.28±0.06 ^b	15.80±0.11 ^a
%10 İNCE KEPEK 10% FINE BRAN	5.75±0.05 ^e	1.83±0.04 ^d	7.58±0.04 ^f
%20 İNCE KEPEK 20% FINE BRAN	6.75±0.14 ^d	2.11±0.06 ^c	8.86±0.09 ^d
%30 İNCE KEPEK 30% FINE BRAN	7.54±0.07 ^c	2.60±0.03 ^a	10.14±0.10 ^c

*a,b... harfleri aynı sütundaki örneklere ait P<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. The letters *a, b.. indicate statistical differences at the P<0.05 level of the samples in the same column.

Nişasta Fraksiyonları

Fazla ekmek tüketimi yapısında bulundurduğu nişastadan dolayı farklı sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Tahıl ve baklagil ürünlerinin içerdiği nişasta *in vitro* sindirim hızı ve oranı dikkate alınarak hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) olarak sınıflandırılmaktadır (Englyst vd., 1992; Dona vd., 2010). Ekmek örneklerinin beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları *in vitro* olarak belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Hızlı kullanılabilir glikoz (HKG) düzeyi yüksek gıdaların tüketimi, kan şekeri düzeyinde ani yükselmelere neden olmakta, bu da metabolizmanın şekeri düzenini bozmaktadır. Ekmeklerin içerdiği lif miktarı arttıkça kan şekeri düzeyi daha yavaş artmakta, bu da glisemik indeks değerlerini azaltmaktadır (Ergun, 2014). Kontrol ekmeğinde %41.54 olan HKG düzeyi, kaba kepek ilaveli ekmeklerde %28.07'e, ince kepek ilaveli ekmeklerde ise %28.92'ye düşmektedir. Bu durum sağlık açısından istenen bir özellik olup kepek ilavesi ile HKG değerinin düştüğü, kepek oranının artışına bağlı olarak da bu azalmanın arttığı belirlenmiştir.

İnsan sağlığının korunmasında vücuda alınan nişasta miktarı kadar nişasta fraksiyonları da önem arz etmektedir. Gıdaların tüketiminde yavaş sindirilebilir nişasta içeriği yüksek gıdaların tercih edilmesi hastalıkların kontrolünde etkin rol oynamaktadır (Asp 1996; Bravo vd., 1998; Englyst vd., 2003). Kontrol ekmeğinde HSN düzeyi %37.39 düzeyinde iken, direkt kepek ilave edilen ekmeklerde bu oran %25.27 seviyesine kadar düşmektedir. Kaba kepek ilavesi ise ince kepeğe göre HSN oranını daha fazla düşürmektedir. Kaba ve ince kepek ilavesi YSN oranında artışa neden olurken %30 düzeyinde kepek ilavesi YSN oranını kaba kepekte 3.86'dan 7.58'e ince kepekte ise 7.49 seviyesine yükseltmiştir. Yapılan bir çalışmada beyaz undan yapılan ekmeklerde HSN oranının yüksek olduğu ekmeklere kepek ve diyet lifi gibi bileşenlerin girilmesi ile HSN oranı düştüğü ve YSN oranında artışlar meydana geldiği tespit edilmiştir (Ranawana ve Henry, 2013). Nişasta hidroliz endeksi hızlı sindirilebilir nişastanın toplam nişastaya oranı olarak tanımlanmaktadır ve göreceli olarak glisemik indeks değerini göstermektedir (Englyst vd., 2003). Kepek ilavesi NHI değerinde düşmeye neden olmaktadır.

Çizelge 6. Ekmek örneklerinin beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları içeriği (%)
Table 6. Nutritionally important starch fractions content of bread samples (%)

	HKG(%) RAG(%)	HSN(%) RDS(%)	YSN(%) SDS(%)	TN(%) [*] TS(%)	NHI SHI
KONTROL CONTROL	41.54±0.39 ^a	37.39±0.35 ^a	3.86±0.12 ^c	45.51±0.33 ^a	82.17
%10 KEPEK %10 BRAN	36.89±0.14 ^c	33.20±0.13 ^c	5.78±0.29 ^c	40.95±0.30 ^c	81.07
%20 KEPEK %20 BRAN	32.46±0.37 ^e	29.21±0.33 ^e	6.69±0.41 ^b	36.40±0.27 ^e	80.26
%30 KEPEK %30 BRAN	28.07±0.19 ^g	25.27±0.17 ^g	7.58±0.74 ^a	31.85±0.23 ^g	79.32
%10 İNCE KEPEK 10% FINE BRAN	38.89±0.13 ^b	35.00±0.12 ^b	4.47±0.35 ^d	43.23±0.31 ^b	80.96
%20 İNCE KEPEK 20% FINE BRAN	33.84±0.14 ^d	30.45±0.12 ^d	6.61±0.21 ^b	39.35±0.92 ^d	77.43
%30 İNCE KEPEK 30% FINE BRAN	28.92±0.17 ^f	26.03±0.15 ^f	7.49±0.34 ^a	34.13±0.25 ^f	76.26

Hızlı kullanılabilir glikoz (HKG) *Rapidly available glucose (RAG)*, Toplam nişasta (TN), *Total starch (TS)*, Hızlı sindirilebilir nişasta (HSN) *Rapidly digestible starch (RDS)*, Yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) *Slowly digestible starch (SDS)*, Nişasta hidroliz endeksi (NHI) *Starch hydrolysis index (SHI)*

*Başlangıçta kullanılan un miktarına göre teorik olarak hesaplanmıştır. *Calculated theoretically according to the amount of flour used at the beginning. ^{a,b,c...} harfleri aynı sütundaki örneklerle ait P<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. The letters ^{a, b, c...} indicate statistical differences at the P<0.05 level of the samples in the same column.

SONUÇ

Bu araştırmada ekonomik değeri önemli olmayan buğday kepeğinin ekmeğin üretiminde kullanım olanakları incelenmiş bu bağlamda kaba ve ince kepek %10, %20 ve %30 oranlarında una ilave edilerek ekmeğin üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen ekmeğin fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve besinsel özellikleri incelenmiştir. İnce kepek ilaveli ekmeğin fenolik ve flavonoid bileşikler ile çözünür lif içeriği bakımından daha zengindir. İlave edilen ince kepek çözünür lif içeriğinde kaba kepek ilavesi ise çözünmez lif içeriğinde artışa neden olmuştur. Kepek ilavesi ekmeğin kabuk ve iç renginde istenmeyen bir renk oluşmasına neden olmaktadır. Nişasta açısından bakıldığında ise genel olarak kepek ilavesi yavaş sindirilebilir nişasta oranını artırırken hızlı sindirilebilir nişasta, hızlı kullanılabilir glikoz ve toplam nişasta oranlarını düşürmektedir. Ayrıca NHI düzeyini iyileştirmektedir. Bununla beraber, ekmeğin daha sıkı bir yapıya ve daha düşük hacme sahip olmaktadır. %10'dan daha fazla kepek ilavesi ekmeğin sertlik değerini arttırmakta, fiziksel özelliklerinde ise olumsuzluklar meydana getirmektedir; ancak fonksiyonel ve besinsel özelliklerini iyileştirilmesinde daha fazla olumlu etki yapmaktadır. Kepek boyutunun ekmeğin üretiminde etkileri göz önüne alındığında ekmeğin yapımında kullanılan farklı teknikler, kullanılan buğday çeşidi, farklı partikül küçültme teknikleri, kepeğin yapısındaki kimyasal değişimler ve kepek özellikleri ile üretim esnasında meydana gelen çeşitli mekanizmaların karşılıklı etkileşimlerini bütün olarak incelemek gerekmektedir. Ekmeğin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinde değişikliğe neden olmadan daha fazla oranda kepek ilave edilmesi için kepeğe farklı ön işlemlerin uygulanması ile ilgili detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması yaşanmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

AC; Araştırma fikrini belirledi, geliştirdi, organize etti, analiz yaptı, sonuçları analiz etti, yorumladı ve yazdı. ÖA; Araştırmayı denetledi, araştırma yöntemlerini önerdi, analiz sonuçlarını kontrol

etti, makale düzenlemesini ve kontrolünü yaptı. AS; Araştırma yöntemlerini önerdi, analiz sonuçlarını yorumladı, makaleyi kontrol etti.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2015/80 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Abozed, S.S., El-kalyoubi, M., Abdelrashid, A., Salama M.F. (2014). Total phenolic contents and antioxidant activities of various solvent extracts from whole wheat and bran. *Annals of Agricultural Science*, 59(1), 63–67. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2014.06.009>

Adom, K.K., Sorrells, M.E., Liu R.E. (2005). Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. *Journal of Agriculture Food Chemical*, 53, 2297-2306. <https://doi.org/10.1021/jf048456d>

Akbaş, Ö. (2010). Farklı kepek fraksiyonlarından hazırlanan un paçalarının değişik depolama koşullarında hamur ve ekmeğin özelliklerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, 123 s.

Altunkaya, A., Hedegaard, R.V., Brimer, L., Gökmen, V., Skibsted L.H. (2013). Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food Functional*, 4 (5), 722-727. <https://doi.org/10.1039/C3FO30296B>

Anonymous (1990). AACC Approved Methods, 8th Edn, Repr. American association of cereal chemist, St. Paul, USA.

Anonymous (2012). Duyusal kontrol yapma. MEB Gıda teknolojisi modülü, Ankara.

Anonymous (2020). Sayılarla israf raporu 2018. Türkiye israfı önleme vakfı, Ankara.

AOAC (2000). Official methods of analysis (17th ed). Association of official analytical chemist international, Gaithersburg, MA.

- Asp, N.G. (1996). Dietary carbohydrates, classification by chemistry and physiology. *Food Chemistry*, 57(1), 9–14. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(96\)00055-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00055-6)
- Aydın, C. Ögüt H. (1991). Determination of some biological properties of Amasya apple and hazelnuts. *Selçuk University Journal of Agriculture*, 1, 45-54.
- Aydogdu, A., Sumnu, G., Sahin S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal Food Science Technology*, 55, 667-677. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2976-y>
- Benzie, I.F.F., Strain J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bravo, L., Engllyst, H.N., Hudson G.J. (1998). Nutritional evaluation of carbohydrates in the spanish diet, non-starch polysaccharides and *in vitro* starch digestibility of breads and breakfast products. *Food Research International*, 31(2), 129–135. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00072-6)
- Brewer, L.R., Kubola, J., Siriamornpun, S., Herald, T.J., Shi Y.C. (2014). Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 152, 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.128>
- Cai, L., Choi, I., Hyun, J.N., Jeong, Y.K., Baik B.K. (2014). Influence of bran particle size on bread-baking quality of whole grain wheat flour and starch retrogradation. *Cereal Chemistry*, 91(1), 65-71. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-02-13-0026-R>
- Chang, R.C., Li, C.Y., Shiau S.Y. (2015). Physico-chemical and sensory properties of bread enriched with lemon pomace fiber. *Czech Journal of Food Sciences*, 33. 180-185, doi:10.17221/496/2014-CJFS
- Cingöz, A., Akpınar, Ö., Sayaslan A. (2017). Farklı kepek fraksiyonlarının fonksiyonel özellikleri ve hamur reolojik özelliklerine etkisi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34 (3), 128-138. <https://doi.org/10.13002/jafag4236>
- Coda, R., Kärki, I., Nordlund, E., Heiniö, R.L., Poutanen, K., Katina K. (2014). Influence of particle size on bioprocess induced changes on technological functionality of wheat bran. *Food microbiology*, 37, 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.011>
- Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G., Vittadini E. (2013). Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*, 57, 325-332. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.12.003>
- Dona, C.A., Pages, G., Gilbert, R.G., Kuchel P.W. (2010). Digestion of starch: *In vivo* and *in vitro* kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release. *Carbohydrate Polymers*, 80, 599-617. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.002>
- Eberhardt, M.V., Lee, C.Y., Liu, R.H. (2000). Antioxidant activity of fresh apples. *Nature*, 405, 903-904.
- Eghdami, A., Sadeghi F. (2010). Determination of total phenolic and flavonoids contents in methanolic and aqueous extract of *Achillea millefolium*. *The Journal of Organic Chemistry*, 2, 81-84.
- Elgün, A., Ertugay Z. (1995). Tahıl işleme teknolojisi. Sayfa:201.
- Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli N. (2005). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü, S.Ü Ziraat Fakültesi Ders Notları, Konya.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M., Cummings J.H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal Of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.
- Englyst, K.N., Vinoy, S., Engllyst, H.N., Lang V. (2003). Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. *British Journal of Nutrition*, 89, 329-40. <https://doi.org/10.1079/BJN2002786>
- Ergun, R. (2014). Türkiye’ye özgü bazı ekmek türlerinin glisemik indeks değerlerinin saptanması.

- Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Ankara, 98s.
- Feili, R., Wahidu, Z., Abdullah, W.N.W., Yang T.A. (2013). Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Science and Technology*, 1(2), 30–36. doi.org/10.13189/fst.2013.010203
- Fernandez-Gines, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., Perez-Alvarez J.A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to bologna sausages. *Meat Science*, 67, 7-13. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.08.017
- Ghoshal, G., Shivhare, U.S., Banerjee U.C. (2013). Effect of xylanase on quality attributes of whole-wheat bread. *Journal of Food Quality*, 36(3), 172–180. https://doi.org/10.1111/jfq.12034
- Gomez, M., Jiménez, S., Ruiz, E., Oliete B. (2011). Effect of extruded wheat bran on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 2231-2237. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.006
- Guevara-Arauz JC, Barcenás DG, Ortega-Rivas E, Martínez JD, Hernández JR, De Jesús Ornelas-Paz, J. (2015). Effect of fiber fractions of prickly pear cactus (nopal) on quality and sensory properties of wheat bread rolls. *Journal of Food Science Technology*, 52, 2990-2997. Doi.org/10.1007/s13197-014-1341-7
- Hemdane, S., Jacobs, P.J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J.A., Courtin C.M. (2016). Wheat (*Triticum aestivum* L.) bran in bread making: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 28-42. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12176
- Hemery, Y.M., Anson, N.M., Havenaar, R., Haenen, G.R.M.M., Noort, M.W.J., Rouau X. (2010). Dry fractionation of wheat bran increases the bioaccessibility of phenolics acids. *Food Research International*, 43, 1429–1438. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.013
- Hoye C., Ross C.F. (2011). Total phenolic content, consumer acceptance, and instrumental analysis of bread made with grape seed flour. *Journal of Food Science*, 76, 428-436. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02324.x
- Jacobs, M.S., Izydorczyk, M.S., Preston, K.R., Dexter J.E. (2008). Evaluation of baking procedures for incorporation of barley roller milling fractions containing high levels of dietary fibre into bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 558-568. https://doi.org/10.1002/jsfa.3043
- Jensen, S., Skibsted, L.H., Kidmose, U., Thybo A.K. (2015). Addition of cassava flours in bread-making: Sensory and textural evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 292-299. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.037
- Kaack, K., Pedersen, L., Laerke, H.N., Meyer A. (2006). New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. *European Food Research and Technology*, 224, 199-207. Doi.org/10.1007/s00217-006-0301-5
- Kim, B.K., Cho, A.R., Chun, Y.G., Park D.J. (2013). Effect of microparticulated wheat bran on the physical properties of bread. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64, 122-129. https://doi.org/10.3109/09637486.2012.710890
- Kömürcü, S. (2005). Farklı hububat kepeklerinin ekmek kalitesine etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Lassoued, N., Delarue, J., Launay, B., Michon C. (2008). Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. *Journal of Cereal Science*, 48, 133-143. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.08.014
- Le Bleis, F., Chaunier, L., Chiron, H., Della Valle, G., Saulnier L. (2015). Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 65, 167-174. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.014
- Li, Y., Ma, D., Sun, D., Wang, C., Zhang, J., Xie, Y., Guo T. (2015). Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods. *The Crop*

- Journal*, 3, 328-334. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.004>
- Liu, J., Zhang, J., Wang, W., Hou, H. (2021). Effects of microwave treatment on the stability and antioxidant capacity of a functional wheat bran. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2713-2721. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2230>
- Martin, M.L., Zeleznak, K.J., Hoseney R.C. (1991). A mechanism of bread firming role of starch swelling. *Cereal Chemical*, 68(5), 498-503.
- Majzoubi, M., Farahnaky, A., Nematollahi, Z., Mohamad, H.M., Taghipour A.M. (2013). Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 115-123.
- Meral, H., Karaoğlu M.M. (2019). Ekmeğin besinsel ozelliklerinin iyileştirilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 50(2), 217-225. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.496393>
- Messia, M.C., Reale, A., Maiuro, L., Candigliota, T., Sorrentino, E., Marconi E. (2016). Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics. *Journal of Cereal Science*, 69, 138-144. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.004>
- Noort, M.W.J., Van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H.A., Hamer R.J. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 52, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.03.003>
- Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Prior R.L. (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4619-4626. <https://doi.org/10.1021/jf010586o>
- Özboy, Ö., Köksel H. (1997). Unexpected strengthening effects of a coarse wheat bran on dough rheological properties and baking quality. *Journal of Cereal Science*, 25, 77-82. <https://doi.org/10.1006/jcsc.1996.0076>
- Patil, S.S., Rudra, S.G., Varghese, E., Kaur C. (2016). Effect of extruded finger millet (*Eleusine coracana* L.) on textural properties and sensory acceptability of composite bread. *Food Bioscience*, 14, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.04.001>
- Penella, J.S., Collar, C., Haros M. (2008). Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 715-721. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.03.006>
- Prakongpan, T., Nitithamyong, A., Luangpituksa P. (2002). Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *Journal of Food Science*, 67, 1308-1313. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10279.x>
- Ranawana, V., Henry C.J. (2013). A comparative evaluation of the glycaemic potential of commercial breads consumed in South East Asia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64, 223-229. <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.713917>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rezaei, S., Najafi, M.A., Haddadi T. (2019). Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. *Journal of Cereal Science*, 85, 56-61. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.11.019>
- Rosa, N.N., Barron, C., Gaiani, C., Dufour, C., Micard V. (2013). Ultra-fine grinding increase the antioxidant capacity of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 57, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.10.002>
- Sarıçoban, C., Çoksever, E., Karakaya M. (2008). Et ürünlerinde turunçgil yan ürünlerinin kullanımı. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Singh, N., Kaur, M., Sandhu K.S. (2005). Physicochemical and functional properties of freeze-dried and oven dried corn gluten meals. *Drying Technology*, 23, 975-988. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054253>

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.

Taş, A.A., El S.N. (2000). Determination of nutritionally important starch fractions of some turkish breads. *Food Chemistry*, 70, 493-497. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00272-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00272-1)

Tungland, B.C., Meyer D. (2002). Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3, 90-109. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x>

Williams, W.B., Cuvelier, M.E., Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Zhang, D., Moore W.R. (1999). Effect of wheat bran particle size on dough rheological properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74 (4), 490-496. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199708\)74:4<490::AID-JSFA822>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199708)74:4<490::AID-JSFA822>3.0.CO;2-0)

İçindekiler / Content

Araştırmalar (İngilizce) / Researches (English)

- Aykın-Dinçer, E. *Effects of drying temperature and microwave power on quality characteristics of turkey breast slices* / Kurutma sıcaklığı ve mikrodalga gücünün hindi göğüs dilimlerinin kalite özelliklerine etkileri 147-156
- Keskin Çavdar, H. *Assessment of physicochemical characteristics, oxidative, and thermal properties of butters* / Tereyağlarının fizikokimyasal, oksidatif ve termal özelliklerinin değerlendirilmesi 169-182
- Özkök, A., Mayda, N., Ecem-Bayram, N. *Comparison of pollen morphologies examination of some Rhododendron species - plant source of mad honey* / Deli balın kaynağı olan *Rhododendron* türlerinin polen morfolojilerinin karşılaştırılması 212-219
- Karaoğlu, M. M., Reis, G. S., Gerçekaslan, K. E. *The effect of different malt flours on rheological properties of dough* / Farklı malt unlarının hamurun reolojik özellikleri üzerine etkisi 220-230
- Güneş-Altuntaş, E., Yıldızhan, H., Dastouri, M.R., Özel-Demiralp, D. *Proteomic view on gluten structure in different types of flour and bread samples by using bottom up proteomics and ft-ir spectroscopy* / Farklı tipte un ve ekme örneklerinde gluten yapısının proteomik ve FT-IR spektroskopisi araçları ile araştırılması 344-358

Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Akbulut, S., Kuleşan, H. *Konserve hindi sosis üretiminde ısı işlem ve depolama süresinin bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi* / *The effect of heat treatment and storage time on some quality properties in production of canned turkey sausage* 157-168
- Kurt, A., Kander, S., Çopur, Ö. U. *Bursa ili kırsal bölgelerindeki içme suyu amaçlı kullanılan kuyu sularının ağır metal seviyelerinin belirlenmesi* / *Determination of the heavy metal levels of well waters used as drinking waters in the rural areas of Bursa city* 199-211
- Fırıncıoğulları, B., Öner, Z. *Kolesterol düşürücü etkilere sahip *Lactobacillus* spp. suşlarının peynirde başlatıcı kültür olarak kullanımı* / *Use of *Lactobacillus* spp. strains with cholesterol-lowering effects as starter culture in cheese* 266-276
- Gürpınar, S., Dağdemir, E., Topdaş, E. F. *Fonksiyonel dondurma: elma, bal kabağı ve portakal lifi ile zenginleştirme* / *Functional ice cream: enrichment with apple, pumpkin, and orange fiber* 277-295
- Günel, Z. *Farklı kavurma yöntemlerinin leblebide ısı işlem kontaminantlarının oluşumuna etkisi* / *The effect of different roasting methods on the formation of heat-induced contaminants in roasted chickpea* 296-309
- İşcan, G., Bektaş-Sarıaltın, E., Soyseven, M., Arlı, G. *Türkiye'de tüketime sunulan tarçın türlerinin anatomik incelenmesi ve kumarin miktarlarının belirlenmesi* / *Anatomical examination and quantitative determination of coumarin content in cinnamon species available in Turkish markets* 310-327
- Öğretmen, Ö. Y. *Dondurulmuş olarak satışa sunulan hamsi balığının mikrobiyolojik kriter, radyonüklid aktivite konsantrasyonu ve bazı kalıcı organik kirletici miktarlarının araştırılması* / *Investigation of microbiological properties, radionuclide concentration and some persistent organic pollutants in the frozen anchovy put on the market* 359-371
- Cingöz, A., Akpınar, Ö., Sayaslan, A. *Farklı kepek fraksiyonlarının ekme kalitesine etkisi* / *Effect of different wheat bran fractions on bread quality* 372-386

Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

- Çağrıncı, Ö., Savlak, N., İnce, C., Dedeoğlu, M., Köse, E. *COVID-19 hastalığını önlemede kullanılan takviye edici gıdalar ve sağlık üzerine etkileri* / *Dietary supplements used to prevent COVID-19 disease and their effects on health* 183-198
- Bozkurt, S., Koç, M. *Gıdalarda sodyum azaltımı* / *Sodium reduction in foods* 231-251
- İçter, S., Güzelcan, C., Hıdır, Ş., Kaplan Türköz, B. *Postbiyotikler ve gıda endüstrisinde kullanım alanları* / *Postbiotics and their use in food industry* 252-265
- Gündüz, G. T., Akgül, Ö. *Mersinin (*Myrtus communis* L.) antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi* / *Antioxidant and antimicrobial activities of myrtle (*Myrtus communis* L.)* 328-343