

GIDA

THE JOURNAL OF FOOD



E-ISSN 1309 - 6273, ISSN 1300 - 3070

CİLT / VOLUME : 46

SAYI / NUMBER : 5

YIL / YEAR : 2021

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> Konuskan, Dilşat B.; <i>Mustafa Kemal University, Turkey</i> Kuleşan, 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 10 2021	

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)

- Güneş, E., Aydın, F., Çakır, İ. *Enzymatic characterization of yeast isolated from naturally fermented herbs* / Fermente salamura otlardan izole edilen mayaların enzimatik karakterizasyonu **1081-1091**
- Dadalı, C. *Influence of water hardness on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee* / Su sertliğinin Türk kahvesinin uçucu bileşenlerine ve duyuşal özelliklerine etkisi **1183-1194**
- Üçok Alakavuk, D., Tosun, Ş.Y., Tunçelli, İ.C. *Immediate effect of different pasteurization temperatures (50°C and 70°C) on the quality parameters of shrimp (Parapenaeus longirostris)* / Farklı pastörizasyon sıcaklıklarının (50°C ve 70°C) karidesin (*Parapenaeus longirostris*) kalite parametreleri üzerindeki ani etkisi **1205-1217**
- Algan Cavuldak, Ö. *Determination of the extraction conditions of phenolic compounds from Arbutus unedo L. leaves* / *Arbutus unedo* L. yapraklarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi **1218-1232**
- Çelik, İ., Göncü, A. *Effects of hibiscus (Hibiscus sabdariffa L.) and poppy (Papaver rhoeas L.) extracts on dough and bread properties* / Hibiskus (*Hibiscus sabdariffa* L.) ve gelincik (*Papaver rhoeas* L.) ekstraktlarının ekmek hamuru ve ekmek özellikleri üzerine etkileri **1270-1278**
- Rayman Ergün, A., Tekgül, Y. *Production of quince jam with Ginkgo biloba extract as a pectin substitute: Effects on physicochemical, microbiological, rheological and sensory qualities* / Pektin ikamesi olarak Ginkgo biloba özü ile ayva reçeli üretimi: Fizikokimyasal, mikrobiyolojik, reolojik ve duyuşal kalite üzerine etkileri **1301-1312**

Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Kolcuoğlu, G., Halkman, A.K. *Çeşitli bitkisel ekstraktlar ve kombinasyonlarının köftede antimikrobiyel etkisinin araştırılması* / *Investigation of the antimicrobial effect of various herbal extracts and combinations in meatball* **1092-1104**
- Aydınlık, P., Karagül Yüceer, Y. *Mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen Pelargonium graveolens (tır) esansiyel yağının karakteristik bazı özellikleri* / *Characteristic some properties of Pelargonium graveolens (Rose-scented geranium) essential oil obtained by microwave-assisted hydrodistillation method* **1117-1131**
- Kılıç, S. *Domates örneklerinde kurşun ve kadmiyum kontaminasyonunun sağlık risk değerlendirilmesi* / *Health risk assessment of lead and cadmium contamination in tomato samples* **1132-1137**
- Koyuncu, B., Demir, M.K., Olcay, N. *Farklı kurutma metotları ile elde edilen hünnap (Zizyphus jujuba) meyve tozlarının bisküvi üretiminde kullanım olanakları* / *The usage possibilities of jujube (Zizyphus jujuba) fruit powders obtained by different drying methods in biscuit production* **1158-1170**
- Sağlam, A., Masatcıoğlu, M.T. *RASFF sisteminde tahıl ve fırıncılık ürünlerinin aflatoksin ve okratoksin a düzeyleri ve Hatay yöresi buğdaylarının bu mikotoksinler açısından değerlendirilmesi* / *Analysis of RASFF notification on cereal and bakery products and evaluation of the aflatoxin and ochratoxin a in wheat from Hatay region* **1195-1204**
- Çetinkaya, A. *Kars piyasasında satışa sunulan yoğurt, Beyaz peynir ve Kars Kaşar peynirlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi* / *Determination of physical and chemical properties of yoghurts, White cheese and Kars Kashar cheese sold in Kars, Turkey* **1232-1242**
- Öge, Ç., Karagül Yüceer, Y. *Yayıkaltı içeceğinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri ile uçucu bileşenlerinin belirlenmesi* / *Determination of physicochemical and sensory properties and volatile compounds of buttermilk drink* **1243-1255**
- Özdemir, K.S. *Keten tohumu yağı ve ayçiçek yağından farklı vaksalar kullanılarak oluşturulan oleojellerin bisküvi kalitesi üzerine etkileri* / *Effect of sunflower oil and flaxseed oil based oleogels formed by different waxes on the quality of biscuits* . . . **1279-1288**
- Chobdar Rahim, S., Hossein Zadeh, J., Pazır, F., Ova, G. *Farklı çözümler ve çözümler karışımları ile ekstraksiyonun safran (Crocus sativus L.) toplam biyoaktif bileşen miktarına etkisi* / *The effect of extraction with different solvents and solvent mixtures on the total amount of bioactive components of saffron (Crocus sativus L.)* **1289-1300**
- Onbaşı, E., Cinar, A. *Çevresel izleme programı: Gıda endüstrisinde mikrobiyolojik güvenliği destekleyen erken uyarı sistemi* / *Environmental monitoring program: An early warning system supporting microbiological safety in the food industry* . . . **1313-1330**

Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

- Tiryaki Gündüz, G., Güteryüz, Ö. Meyve ve sebzelerin dekontaminasyonunda su destekli UV-C sisteminin kullanılması / *The use of water assisted UV-C system in the decontamination of fruits and vegetables* **1069-1080**
- Erdoğan, B., Görür, A., Peksever, D., Sümer, O., Nehir El, S. Sürdürülebilir protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri ve tüketici kabulü / *Nutritional value and consumer acceptance edible insects as a sustainable source of protein* **1105-1116**
- Can, B., Bayram, H.M., Öztürkcan, S.A. Çevresel sorunlara karşı çözüm önerileri: Güncel sürdürülebilir beslenme uygulamalarına genel bakış / *Solution recommendations for environmental problems: Overview of current sustainable nutrition practices* .1138-1157
- Aksu, B. M., Özbey, F. D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketimi ve sağlık üzerine etkileri / *Consumption of yogurt fortified with vitamin D and effects on health* **1171-1182**
- Yıldız Turp, G., Ayşegül Atalı, A. Et ürünlerinde tuzun fonksiyonları, tuz azaltılması amacıyla kullanılan ikame katkıları ve etkileri / *The functions of salt, substitute additives used for salt reduction and their effects in meat products* **1256-1269**



MEYVE VE SEBZELERİN DEKONTAMİNASYONUNDA SU DESTEKLİ UV-C SİSTEMİNİN KULLANILMASI

Gülten Tiryaki Gündüz*, Özge Güteryüz

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

Geliş / Received: 27.04.2021; Kabul / Accepted: 12.07.2021; Online baskı / Published online: 24.07.2021

Gündüz, G.T., Güteryüz, Ö. (2021). Meyve ve sebzelerin dekontaminasyonunda su destekli UV-C sisteminin kullanılması. *GIDA* (2021) 46 (5) 1069-1080 doi: 10.15237/gida. GD21086.

Gündüz, G.T., Güteryüz, Ö. (2021). *The use of water assisted UV-C system in the decontamination of fruits and vegetables. GIDA* (2021) 46 (5) 1069-1080 doi: 10.15237/gida. GD21086.

ÖZ

Minimal işlem görmüş taze meyve ve sebzelere olan talep son yıllarda artmaktadır. Bu gıdaların taze özelliklerinin korunmasında ve mikrobiyolojik açıdan güvenliğinin sağlanmasında termal olmayan yöntemler uygulanmaktadır. Klorla alternatif ve termal olmayan bir teknoloji olan UV-C ışık, gıdaların yüzeyindeki mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılmaktadır. Ancak, gıdanın yüzey özellikleri ve UV-C ışığın penetrasyon derinliğinin düşük olması gibi faktörler nedeniyle bu uygulamanın etkinliği sınırlıdır. Bu faktörlerin etkisinin en aza indirilmesi için, su destekli UV-C (WUV-C) olarak adlandırılan UV-C ışığın su ile kombine edilerek kullanımı konusunda çalışmalar yürütülmektedir. Yapılan çalışmalarda, WUV-C işleminin, UV-C sistemine kıyasla gıda yüzeyine inoküle edilen mikroorganizmaların dekontaminasyonunda daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, su destekli UV-C sisteminin taze meyve ve sebzelerin dekontaminasyonunda kullanımı konusunda yapılan araştırmalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Su destekli UV-C, minimal işlem görmüş gıdalar, dekontaminasyon, ısı olmayan teknoloji, ultraviyole C ışık

THE USE OF WATER ASSISTED UV-C SYSTEM IN THE DECONTAMINATION OF FRUITS AND VEGETABLES

ABSTRACT

In recent years, demand for minimally processed fresh fruits and vegetables has been increasing. Non-thermal methods are applied to maintain freshness of these foods and to ensure microbiological safety. As a non-thermal technology and alternative to chlorine, UV-C light is used to inactivate microorganisms on the surface of foods. However, the effectiveness of this application is limited due to certain factors such as surface properties of food and low penetration depth of UV-C. Studies on the combined use of UV-C with water, called water assisted UV-C (WUV-C), have been carried out to minimize the effect of these factors. Studies have shown that WUV-C treatment is more effective for the decontamination of microorganisms inoculated onto the surface of food compared to the UV-C system. In this study, the investigations on the use of WUV-C system for decontamination of fresh fruits and vegetables were reviewed.

Keywords: Water assisted UV-C, minimally processed foods, decontamination, non-thermal technology, ultraviolet C light

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: gulten.tiryaki.gunduz@ege.edu.tr

☎: (+90) 232 311 3003

☎: (+90) 232 311 4831

Gülten Tiryaki Gündüz; ORCID no: 0000-0002-5878-7411

Özge Güteryüz; ORCID no: 0000-0002-7989-6342

GİRİŞ

Meyve ve sebzeler, beslenmenin önemli bir bölümünü oluşturmakta olup lif, vitamin ve mineraller açısından zengin oldukları için kalp-damar rahatsızlıkları ve kanser gibi hastalıkların oluşma ihtimalini azaltmaktadır (Ramos vd., 2013; Iglesias vd., 2018). Taze meyve ve sebzelerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin belirlenmesiyle, bu gıdalara olan ilgi artmaktadır. Tüketicilerin günlük hayatında ve tüketim alışkanlıklarında meydana gelen değişikliklerle birlikte, yoğun çalışma temposu içerisinde mutfakta harcanacak zamanın kısıtlı olması nedeniyle minimum işlem görmüş gıdalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Minimal işlem olarak taze gıdalara kesme, doğrama, kabuk soyma, yıkama, dezenfeksiyon ve paketlenme gibi işlemler uygulanmaktadır (Iglesias vd., 2018; Yüksel vd., 2020). Mekanik işlemlerin uygulanması sonucu gıdanın dokusunun bozulması nedeniyle bu gıdaların mikrobiyel ve duyuşal açıdan kalitesindeki değişim, işlem uygulanmamış taze ürüne kıyasla daha hızlı gerçekleşmektedir (Ma vd., 2017; Conduro vd., 2020). Herhangi bir işlem uygulanmayan taze ürünlerde raf ömrü hafta ya da ay kadar uzun süreler gösterirken, minimal işlenmiş gıdalarda bu süre 4-10 güne kadar düşebilmektedir (Siroli vd., 2015). Bu ürünlerin raf ömründe, uygulanan tarımsal faaliyetler, hasat ve hammaddenin işlenmesi sırasındaki uygulamalar, depolama koşulları vb. birçok etken söz konusudur (Giovenzana vd., 2015).

Minimal işlem görmüş olan gıdalarda, gıda güvenliğinin sağlanması, besin değerinde ve organoleptik özelliklerinde değişimin engellenmesi, buzdolabı koşullarında raf ömrünün uzatılması ve taze ürüne yakın özellikte kalması için ısı olmayan işlemler kullanılmaktadır (Ramos vd., 2013). Ancak, minimal işlem uygulamalarında kullanılan tekniklerde mikroorganizmaların tam anlamıyla uzaklaştırılması veya inaktivasyonu mümkün olmamakla birlikte, bu uygulamalar sonucunda gıda yüzeyleri istenmeyen mikroorganizmaların gelişimine açık hale gelmektedir (Alegre vd., 2013; Graça vd., 2017; Ma vd., 2017; Iglesias vd., 2018).

İşlem uygulanan gıda yüzeylerinde mikroorganizmaların besin elementlerine erişiminin daha kolay olması, taze gıdaların yüksek su aktivitesine sahip ve asitliğinin düşük veya nötr değerlere yakın olması mikrobiyel gelişimi teşvik etmektedir (Prakash vd., 2018).

Taze meyve ve sebzelerin çiğ olarak tüketiminin yaygınlaşması sonucu bu ürünler yoluyla meydana gelen mikrobiyel kaynaklı hastalık vakaları da yükselmiştir (Seong vd., 2017; Mostafidi vd., 2020). Taze meyve ve sebzelerin doğal florasında bozulmaya neden olan mikroorganizmalar olduğu gibi, kontamine olmaları durumunda gıda kaynaklı hastalığa yol açabilecek patojen bakteri, parazit ve viruslar de bulunabilmektedir (Alegre vd., 2013; Mostafidi vd., 2020). Bu kontaminasyon, bitkinin yetiştirildiği alanda olabileceği gibi ürünün hasatından tüketimine kadar olan süreçlerde de meydana gelebilmektedir (Birma vd., 2013; Castro-Ibáñez vd., 2017). Meyve ve sebze çeşitlerine bağlı olarak gıda kaynaklı hastalığa yol açan patojenlerin *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus* spp., Norovirus, Hepatit A virusu, *Cryptosporidium* spp. ve *Cyclospora* spp. olduğu rapor edilmiştir (Ramos vd., 2013) Çeşitli taze meyve ve sebzelerin florasındaki patojenlerin incelendiği bir çalışmada, örneklerin %16.03'ünde *Salmonella enterica*, % 1.89'unda ise *L. monocytogenes*'e rastlandığı bildirilmiştir (Li vd., 2017).

Taze meyve ve sebzelerin mikrobiyel yükü ve raf ömrü en çok bu ürünlere uygulanan yıkama, temizleme ve sanitasyon aşamalarından etkilenmektedir (Joshi vd., 2013). Yıkama işlemi, içilebilir su kaynağı kullanılarak yapılmaktadır (Yüksel vd., 2020). Bu işlem ile toprak vb. yabancı maddelerin ve gıdanın florasında bulunan mikrobiyel hücrelerin bir kısmının ürün yüzeyinden uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Joshi vd., 2013; Kuan vd., 2017). Ancak, yıkama uygulamalarındaki suyun değiştirilmeden devamlı olarak kullanımı yıkama suyunun mikrobiyel yükünü arttırdığı için, yıkama suyunun gıda ürünlerinde kontaminasyona yol açabilme potansiyeli bulunmaktadır (Pablos vd., 2018).

Gıdalarda çapraz kontaminasyon ihtimalini önemli ölçüde azaltması ve kullanılan yıkama suyunun kalitesinin devam ettirilebilmesi için yıkama sularına dezenfektanlar ilave edilmektedir (Castro-Ibáñez vd., 2017; Pablos vd., 2018). Gıda endüstrisinde kimyasal dezenfektan olarak klor, maliyet açısından uygun olması, kolay temin edilebilir olması ve farklı mikrobiyel hücreler üzerinde inaktivasyon etkisinin olması gibi sağladığı avantajlardan dolayı yaygın olarak uygulanmaktadır (Meireles vd., 2016; Alenyorege vd., 2019). Taze gıdaların yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlamak için yıkama suyu içerisinde 50-200 mg/L klor kullanılmaktadır (Graça vd., 2017; Nicolau-Lapeña vd., 2020). Ancak klor, organik madde varlığında etkinliğini kaybedebilmektedir (Jeong ve Ha, 2019). Ayrıca, klorun organik materyal ile tepkimeye girmesiyle birlikte trihalometanlar, kloropikrinler, haloetonlar ve haloasetik asitler gibi toksikolojik yan ürünlerin meydana geldiği (Alenyorege vd., 2019), buharının olduğu ortamda uzun süre durulmasının solunum yollarında ve ciltte rahatsızlıklara yol açabileceği belirtilmektedir (Alegre vd., 2013; Mostafidi vd., 2020). Bunların yanında, meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan patojen mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılan klor konsantrasyonlarının yetersiz kaldığı bildirilmiştir (Oliveira vd., 2015; Mostafidi vd., 2020). Klor kullanımının yarattığı olumsuz durumlardan dolayı klorun yerine geçebilecek dezenfekte edici uygulamalar üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır (Leng vd., 2020; Ortiz-Solà vd., 2020).

Ultraviyole ışık (UV-C) teknolojisi, klorun yerine geçebilecek, ısı olmayan bir uygulamadır (Graça vd., 2017). Uygun dozlarda uygulanan UV-C ışığın, ürünün kalitesinde değişime yol açmaksızın mikroorganizmaların kontrolünde kullanılacağı belirtilmiştir (Gogo vd., 2017). Mikroorganizmaların inaktivasyonunda UV-C ışığın etki mekanizması, UV-C ışığın DNA tarafından absorbe edilmesi sonucunda meydana gelen pirimidin dimerlerinin, DNA'nın transkripsiyonunu ve replikasyonunu engellemesiyle oluşmaktadır (Kim ve Song, 2017; Pedrós-Garrido vd., 2018). UV-C uygulamalarının birçok avantajı olmasına rağmen, bu

uygulamaların etkinliğini sınırlayan faktörler bulunduğundan su destekli UV-C teknolojisi alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu derlemede, UV-C ışığın özelliklerine, kullanım avantaj ve dezavantajlarına değinilerek, yeni bir teknoloji olan su destekli UV-C uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Taze meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları

UV-C ışık, 190-280 nm dalga boyu aralığında olup, minimal işlem görmüş taze gıdaların yüzeylerindeki mikroorganizmaların dekontaminasyonunda uygulanabilirliği olan bir teknolojidir (Guo vd., 2017). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından bu teknolojinin, 253.7 nm dalga boyunda, ozon üretimi olmaksızın emisyonun %90'ını yayan düşük basınçlı civa lambaları kullanılarak, gıda ve gıda ürünlerinin yüzeyindeki mikroorganizmaların kontrolünün sağlanmasında, meyve ve sebze sularındaki patojen ya da diğer mikroorganizmaların azaltılmasında, gıda üretimindeki içme suyunun sterilizasyonunda kullanımı onaylanmıştır (FDA, 2000). UV-C uygulamasının mikrobiyel inaktivasyondaki etkinliğinin maksimum 254 nm dalga boyunda elde edildiği, bu teknolojinin bakteri, virus, küf ve maya üzerinde etki gösterdiği bildirilmiştir (Singh vd., 2020).

UV-C uygulamalarının avantajları arasında maliyetinin uygun, teknik montajının kolay ve uygulamanın çevre dostu olması, enerji gereksiniminin düşük olması, gıda bozulmalarına veya gıda kaynaklı hastalıklara yol açabilecek mikroorganizmaların kontrolünde kullanılabilmesi ve uygulama sonrası kimyasal kalıntı bırakmaması yer almaktadır (Birmpa vd., 2013; Liu vd., 2015a; Liu vd., 2015b; Guo vd., 2017; Butot vd., 2018; Collazo vd., 2018; Huang vd., 2018; Huang ve Chen, 2019; Huang ve Chen, 2020). Ayrıca ısı uygulamalardan farklı olarak, bu teknoloji sayesinde gıdaların duyuşal özelliklerinde ve tazeliğindeki değişim en az düzeydedir (Liu vd., 2015a; Liu vd., 2015b). Chen vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, taze kesilmiş elmalara 5.11 ± 0.23 log KOB/g düzeyinde inoküle edilmiş *S. enteritidis*'in dekontaminasyonu için 0.48 kJ/m² dozda

uygulanan UV-C işlemi ile 1.75 ± 0.24 log KOB/g azalma saptanırken, uygulama dozunun 0.96 kJ/m²'ye yükseltilmesiyle 2.38 ± 0.16 log KOB/g azalma olduğu tespit edilmiştir. Yeşil domateslere inoküle edilmiş *Salmonella*'nın inaktivasyonunda ise 30 saniye UV-C uygulaması (22.3 mJ/cm²) ile 3.22 logaritmik birim azalma sağlandığı bildirilmiştir (Lim ve Harrison, 2016). Seong vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, 5.54 log KOB/g *E. coli* O157:H7, 4.40 log KOB/g *S. Typhimurium* ve 5.21 log KOB/g *L. monocytogenes* inoküle edilmiş marulların UV-C (2 kg/s³ ışık şiddeti) ışık kaynağına maruz bırakılmasıyla patojen mikroorganizma popülasyonunda sırasıyla 1.22 log KOB/g, 0.72 log KOB/g ve 1.01 log KOB/g azalma tespit edilmiştir. Butot vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise, *S. enterica*, *E. coli* O157: H7, *L. monocytogenes* inoküle edilmiş taze yaban mersini, çilek ve ahududu meyvelerine farklı sürelerde uygulanan UV-C (212 - 1331 mJ/cm²) işleminin patojen mikroorganizma sayısında ortalama 1 logaritmik birimi geçmeyen düzeyde azalma sağladığı saptanmıştır.

UV-C ışığın penetrasyon derinliğinin az olması, etkinliğinin gıdanın yüzey özelliklerine bağlı olması, çatlak/yarık gibi deforme olmuş gıdaların yüzeylerindeki mikroorganizmalar üzerine etkisinin düşük olması, yüksek dozlarda kullanılması durumunda gıdanın sıcaklığında artışa ve duysal özelliklerinde olumsuz değişimlere yol açabilmesi UV-C teknolojisinin etkinliğini sınırlayan faktörlerdir (Adhikari vd., 2015; Liu vd., 2015a; Liu vd., 2015b; Collazo vd., 2018; Park vd., 2018; Collazo vd., 2019a). Yapılan bir çalışmada, farklı meyve örneklerine inoküle edilmiş *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* üzerine UV-C ışığın etkisi araştırılmıştır. *E. coli* O157:H7 popülasyonundaki azalma, elma ve armut örneklerinde 1. dakikada (0.92 kJ/m²) sırasıyla 2.9 ve 2.1 log KOB/g iken, bu azalmanın ahududu örneğinde 12. dakikada (10.5 kJ/m²) 1.1 log KOB/g, çilek örneğinde ise 8. dakikada (7.17 kJ/m²) 2.0 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir. *L. monocytogenes* popülasyonundaki değişimin ise elma ve armut örneklerinde sırasıyla $5.$ (3.75 kJ/m²) ve $12.$ (10.3 kJ/m²) dakikada 1.6 log KOB/g, çilek ve kavun örneklerinde ise $14.$ dakikada (11.9 kJ/m²) 1.0 log KOB/g olduğu saptanmıştır.

Mikroorganizma cinsine bağlı olarak meydana gelen azalmaların meyvelerin yüzey özelliklerinden etkilendiği, elma ve armut örneklerindeki azalmaların kavun, çilek, ahududu gibi yüzeyi pürüzlü olan örneklerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Adhikari vd., 2015). Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas (2013) tarafından yapılmış olan çalışmada ise, *E. coli* ATCC 11775 inoküle edilmiş havuç, marul, domates örneklerine 60 dakika boyunca 57.6 kJ/m² dozda UV-C uygulanması sonucunda, düzgün yüzeye sahip olmayan marulda 1.7 logaritmik birim azalma, havuçta ise inaktivasyon sağlanamadığı saptanırken, düzgün yüzeye sahip domates örneğinde ise 2.8 logaritmik birim azalma olduğu tespit edilmiştir.

UV-C teknolojisine yeni bir yaklaşım: Su destekli UV-C uygulamaları

UV-C uygulamalarının dezavantajlarının minimize edilmesinde alternatif bir yaklaşım olan su destekli UV-C teknolojisinin, taze meyve ve sebzelerin mikrobiyel dekontaminasyonunda kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır. Su destekli UV-C teknolojisi ile ürünlere UV-C ışık uygulanırken, aynı anda karıştırıcı sistem aracılığıyla ürünlerin su içerisinde yıkanması sağlanmaktadır (Guo vd., 2017). Su destekli UV-C (WUV-C) teknolojisinin taze meyve ve sebzelerin dekontaminasyonunda kullanılmasının önemli avantajları bulunmaktadır. Ürünün hareket kazandırılan yıkama suyu içerisinde kendi etrafında dönmesi sağlanırken yüzeyinin her noktasına UV-C ışık uygulanmaktadır (Liu vd., 2015a; Liu vd., 2015b; Guo vd., 2017; Huang vd., 2018). Gıdanın yüzeyi hem yıkama işlemiyle hem de UV-C ışık ile dekontamine olurken, aynı anda yıkama suyunun da dezenfeksiyonu sağlanmaktadır (Collazo vd., 2019b). Yıkama suyuna hareket kazandırılması esnasında, taze gıdanın mikroflorasında bulunan veya gıdaya sonradan bulaşan mikroorganizmaların bir kısmının yıkama suyuna transferi sağlanarak, bu mikroorganizmalar UV-C ışık ile dekontamine edilebilmektedir (Liu vd., 2015b; Lippman vd., 2020).

Meyve ve sebzelere uygulanan UV-C ve WUV-C işlemlerinin mikrobiyel azalma üzerindeki

etkisinin incelendiği çalışmalar Çizelge 1’de verilmiştir. Yaban mersini üzerine inoküle edilmiş MNV-1 Norovirus’ün inaktivasyonunda 2 dakika WUV-C uygulamasının 5 dakika UV-C uygulamasına kıyasla daha etkili olduğu, 10 mg/L klorla yıkamaya (>4.55 log POB (plak oluşturan birim/örnek) benzer şekilde virüsü belirleme limitinin altına düşürdüğü bildirilmiştir (Liu vd., 2015b). Yaban mersini örneklerine spot inokülasyon yöntemi ile inoküle edilmiş *Escherichia coli* O157:H7’nin inaktivasyonunda ise işlem sürelerinin (2-10 dakika) UV-C ve WUV-C’nin etkinliğinde önemli bir faktör olduğu, genel olarak düşük dozda WUV-C (5.52 kJ/m²) uygulamasının, yüksek dozda UV-C (9.48 kJ/m²) uygulamasından daha fazla inaktivasyon sağladığı belirlenmiştir. 10 dakika UV-C (47.4 kJ/m²) ve WUV-C (27.6 kJ/m²) uygulamaları sonrasında ise popülasyonda sırasıyla 4.0 log KOB (koloni oluşturan birim)/g ve 5.2 log KOB/g azalma sağlandığı tespit edilmiştir (Liu vd., 2015a). Guo

vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada ise *S. enterica* inoküle edilmiş marul ve domates örneklerine 2 dakika WUV-C ve UV-C uygulanması sonrası, domateslerde istatistiksel açıdan en yüksek azalmanın WUV-C (4.97 log KOB/g) ile sağlandığı tespit edilmiştir. Marul örneğinde ise WUV-C (2.79 log KOB/g) sistemiyle UV-C’ye (1.32 log KOB/g) kıyasla daha iyi inaktivasyon elde edildiği tespit edilmiştir. Ortiz-Solà vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, çileklere inoküle edilmiş *S. enterica* ve *L. monocytogenes*’in dekontaminasyonunda UV-C’ye kıyasla su destekli UV-C sistemi (1.3 kJ/m², 4 UV-C lamba) ile 2 dakika uygulama sonrasında her iki patojen için sırasıyla 1.2 log KOB/çilek ve 1.6 log KOB/çilek daha fazla azalma elde edildiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde su destekli UV-C sisteminin, UV-C sistemine kıyasla mikrobiyel popülasyonun azaltılmasında daha etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. UV-C ve WUV-C uygulamaları sonrasında mikrobiyel azalmaların karşılaştırılması

Ürün	Mikroorganizma	UV-C Dozu, Süre	UV-C	WUV-C	Kaynak
Yaban mersini	MNV-1 Norovirus	WUV-C:12 kJ/m ² , 2 dk UV-C:30 kJ/m ² , 5 dk	3.04 log POB/örnek ^a	>4.32 log POB/örnek ^a	Liu vd., 2015b
Yaban mersini	<i>E. coli</i> O157:H7	WUV-C:27.6 kJ/m ² , 10 dk UV-C:47.4 kJ/m ² , 10 dk	4.0 log KOB/g ^a 1.6 log KOB/g ^b	5.2 log KOB/g ^a 1.6 log KOB/g ^b	Liu vd., 2015a
Domates	<i>S. enterica</i>	34.8 kJ/m ² , 2 dk	0.73 log KOB/g ^a 1.70 log KOB/g ^b	4.97 log KOB/g ^a 3.84 log KOB/g ^b	Guo vd., 2017
Marul	<i>S. enterica</i>	34.8 kJ/m ² , 2 dk	1.32 log KOB/g ^a 1.92 log KOB/g ^b	2.79 log KOB/g ^a 1.97 log KOB/g ^b	Guo vd., 2017

a: Spot inokülasyon, b: Daldırma yöntemiyle inokülasyon

WUV-C ve UV-C uygulamalarının kıyaslandığı çalışmalarda, aynı araştırmacılar WUV-C uygulamasının yıkama suyunun dezenfeksiyonundaki etkisini değerlendirmiştir. Liu vd. (2015b) tarafından yapılan çalışmada, uygulamanın 1. dakikasında analiz edilmiş yıkama sularında virus saptanmadığı belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada ise, 2 dakika uygulama sonrasında yıkama suyunda *E. coli* O157:H7 tespit edilmemiştir (Liu vd., 2015a). Guo vd. (2017) ise domates örneklerinde kullandıkları yıkama suyunda *Salmonella* saptanmadığını, marul örnekleriyle yapılmış uygulamada ise düşük düzeylerde bulunduğunu belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada ise, çilek örneklerine 5 dakika WUV-C uygulanması sonrası yıkama sularında *L.*

monocytogenes ve *S. enterica* popülasyonu belirleme limitinin altına düşmüştür (Ortiz-Solà vd., 2021).

Farklı inokülasyon yöntemlerinin (spot veya daldırarak), dekontaminasyon uygulamaları sonrasında değişen düzeylerde mikrobiyel azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Genel olarak, daldırma yöntemiyle gıdanın tüm yüzeyine mikroorganizma inoküle edildiği ve yüzeyinde bulunması ihtimal olan çatlak, yarık vb. yapılar mikrobiyellerin daha zor inaktive edilmesi gibi nedenlerden dolayı spot inokülasyon yöntemine kıyasla inoküle edilen mikroorganizma sayılarında daha az azalma elde edilmektedir.

WUV-C Sisteminin Kombine Yöntemlerle Kullanılması

Taze meyve ve sebzelerin yüzeyindeki mikroorganizmaların inaktivasyonunda birden çok uygulamanın birlikte kullanıldığı engel teknolojisi sıklıkla tercih edilmektedir (Joshi vd., 2013). Engel yaklaşımı ile gıdaların mikrobiyolojik açıdan güvenliği sağlanırken, gıdaya ait besin değerindeki ve duyuşal özelliklerindeki olumsuz değişim minimize edilebilmektedir (Ngnitcho vd.,

2017). Engel teknolojisiyle mikroorganizmaların öldürülmesinde sinerjistik etki sağlanabilmektedir (Castro-Ibáñez vd., 2017; Khan vd., 2017; Ngnitcho vd., 2017). Su destekli UV-C teknolojisinde yıkama suyunda farklı kimyasal dezenfektanların bulunması durumunda, uygulamanın mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon etkisinin araştırıldığı çalışmalar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. WUV-C uygulamasının farklı kimyasallarla birlikte kullanılmasının mikrobiyel inaktivasyon üzerine etkileri

Ürün	Mikroorganizma	UV-C Dozu	Uygulama	Mikroorganizma sayısında azalma	Kaynak
Yaban mersini	MNV-1 Norovirus	12 kJ/m ²	%2 YE* içeren 10 mg/L klor, WUV-C ve kombine uygulama	WUV-C	2.88 log POB/örnek
				Klor	2.05 log POB/örnek
				WUV+ Klor	≥3.51 log POB/örnek
Yaban mersini	<i>S. enterica</i> <i>E. coli</i> O157:H7	47.4 kJ/m ²	WUV-C ile 10 mg/L klor, 100 mg/L SDS*, %0.5 LA* kombinasyonu	Kimyasallarla kombine halde kullanıldığında inaktivasyonda artış tespit edilmemiştir.	Liu vd., 2015a
Brokoli	<i>Listeria innocua</i>	0.3 kJ/m ²	WUV-C ile 50 veya 80 mg/L PAA* kombinasyonu	WUV-C uygulaması ile aynı etkiyi göstermiştir.	Collazo vd., 2019a
Marul	<i>S. enterica</i> <i>L. monocytogenes</i>	0.1 kJ/m ²	WUV-C ile 40 veya 80 mg/L PAA kombinasyonu	Dekontaminasyon etkinliği artmamıştır.	Collazo vd., 2019b
Domates Marul	<i>S. enterica</i>	34.8 kJ/m ²	WUV-C ile %1 H ₂ O ₂ veya 10 mg/L klor	WUV-C uygulaması ile aynı etkiyi göstermiştir.	Guo vd., 2017

*YE: Yaban mersini ekstraktı, SDS: Sodyum dodesil sülfat, LA: Levulinik asit, PAA: Peroksiasetik asit

Liu vd. (2015b) tarafından yapılan çalışmada, yaban mersinine 6.76 log POB/örnek seviyesinde inoküle edilen MNV-1 Norovirus’un dekontaminasyonu, küçük ölçekli WUV-C sisteminde %2 yaban mersini suyu içeren yıkama suyuyla 2 dakika uygulama sonrasında değerlendirilmiştir. WUV-C sistemiyle elde edilen azalmanın (2.88 log POB/yaban mersini azalma), 10 ppm klorla yıkamaya (2.05 log POB/yaban mersini azalma) kıyasla istatistiksel açıdan daha yüksek olduğu, bu iki uygulamanın birlikte kullanımının (≥3.51 log POB/yaban mersini azalma) inaktivasyonu arttırdığı, genel olarak yıkama suyunda virus bulunmadığı tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise, yaban mersini örneklerine inoküle edilen *S. enterica* ve *E. coli* O157:H7’nin dekontaminasyonunda, 10 dakika boyunca WUV-C uygulamasıyla klor, sodyum

dodesil sülfat, levulinik asit solüsyonlarının birlikte kullanımının, su destekli UV-C sisteminde sinerjistik bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir (Liu vd., 2015a). Brokoliye inoküle edilmiş *L. innocua*’nın inaktivasyonunda yıkama suyunda 50 veya 80 mg/L konsantrasyonda peroksiasetik asit bulunmasının 0.3 kJ/m² dozda uygulanan WUV-C (1.7 log KOB/g azalma) dekontaminasyon etkinliğini değiştirmediği belirlenmiştir (Collazo vd., 2019a). Collazo vd. (2019b) tarafından yapılan çalışmada ise 0.1 kJ/m² dozda WUV-C uygulamasının marul örneğine inoküle edilmiş *S. enterica* ve *L. monocytogenes*’i sırasıyla 2.0 ve 2.1 logaritmik birim azalttığı, ancak sistemin 40 ppm veya 80 ppm peroksiasetik asit konsantrasyonlarıyla birlikte kullanılmasının mikroorganizmaların dekontaminasyonunda sinerjistik bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir.

Diğer bir çalışmada ise *Salmonella enterica*'nın inaktivasyonunda WUV-C sisteminin tek başına veya kimyasallar ile birlikte kullanımının domates (>5 log KOB/g) ve marul örneklerinde (>2 log KOB/g) istatistiksel açıdan benzer azalmalar sağladığı belirlenmiştir (Guo vd., 2017).

Patojenlerin dekontaminasyonunda kullanılan kombine uygulamalar ile yıkama suyundan kaynaklanabilecek çapraz bulaşmalar engellenebilmektedir. WUV-C sisteminin tek başına veya kimyasallarla birlikte hem ürünün hem de yıkama suyunun dekontaminasyonu açısından klor yerine kullanılabilirliği konusunda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Nicolau-Lapeña vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, çileklere inoküle edilmiş *L. innocua* ve *S. Typhimurium*'un inaktivasyonunda, WUV-C'nin tek veya 40/80 mg/L perasetik asitle birlikte kullanılmasının 200 mg/L klorla yıkamaya alternatif olduğu saptanmış olup, klora benzer olarak WUV-C ile birlikte perasetik asit uygulamaları sonrasında yıkama suyunda *L. innocua* tespit edilmemiştir. Marul örneğine inoküle edilmiş *S. enterica*'nın inaktivasyonunda küçük ölçekli WUV-C (30 mW/cm²) sisteminin 80 mg/L peroksiasetik asitle birlikte kullanılmasının, 20 mg/L klorla yıkamadan daha etkili olduğu bildirilmiştir (Lippman vd., 2020). *L. innocua* inoküle edilmiş brokoli örneklerinin farklı dozlarda uygulanan WUV-C ile dekontaminasyonunun 100 mg/L klordan daha yüksek inaktivasyon sağladığı tespit edilmiştir (Collazo vd., 2019a). Marul için kullanılan bulanık yıkama suyu içeren WUV-C sisteminde ise klor bulunmasının su aracılığıyla meydana gelebilecek kontaminasyonu önleyeceği belirlenmiştir (Guo vd., 2017). Marul örneklerinde yapılan diğer bir çalışmada ise, sistemin 40 mg/L/80 mg/L konsantrasyonundaki peroksiasetik asitle kombinasyonunun yıkama suyundaki patojenleri inaktive ettiği bildirilmiştir (Collazo vd., 2019b).

Yıkama işlemi sırasında ürüne ait parçacıkların veya ürüne bulaşmış toprak vb. yabancı maddelerin yıkama suyuna geçmesi, yıkama suyunun berraklığını kaybetmesine neden olmaktadır. Yıkama suyunun berraklığını kaybetmesinin ürünlerin dekontaminasyonu

üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, taze ürünlere (domates, marul) spot inokülasyon yöntemi ile inoküle edilen *S. enterica*'nın dekontaminasyonunda berrak yıkama suyuyla yapılan uygulamaya kıyasla, yıkama suyunun bulanık olmasının WUV-C sisteminin etkinliğini değiştirmediği tespit edilmiştir (Guo vd., 2017). Abadias vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, *L. innocua* inoküle edilmiş domates örnekleri değişen oranlarda (%0, 3 ve 10) domates parçacığı içeren yıkama suyunda ortalama 11.2 W/m² ışık şiddetindeki UV-C'ye maruz bırakıldığında, bulanıklığın maksimum düzeyde olması durumunda 3. ve 5. dakikalarda diğer bulanıklıklara kıyasla domateslerde daha az bir inaktivasyon elde edildiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda, bulanıklıktaki artış ile birlikte yıkama suyundaki popülasyonun <1 log KOB/mL altında tutulması için uygulama süresinin uzadığı belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada ise, *S. enterica* inoküle edilmiş marul örneklerinin dekontaminasyonunda, 2 dakika boyunca bulanık yıkama suyu içeren 10, 20 veya 30 mW/cm² ışık şiddetindeki WUV-C sisteminin 40 mg/L/80 mg/L konsantrasyondaki peroksiasetik asitle kombine olarak kullanılmasının istatistiksel açıdan WUV-C sisteminin etkinliğini arttırmadığı tespit edilirken, 20 veya 30 mW/cm² ışık şiddetinin ve 80 mg/L peroksiasetik asitle birlikte kullanılmasının yıkama suyunda çapraz kontaminasyonu önleyebileceği belirlenmiştir (Lippman vd., 2020). Huang vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise farklı gıdalara inoküle edilmiş *Salmonella*'nın inaktivasyonu bulanık yıkama suyunda 2 dakika boyunca 10 mg/L klor, 80 mg/L peroksiasetik asit (PAA) veya bu kimyasalların 23-28 mW/cm² ışık şiddetindeki su destekli UV-C sistemiyle birlikte kullanılması sonucunda değerlendirilmiştir. Yıkama suyunun çapraz kontaminasyona yol açmaması, üründeki mikrobiyel popülasyonun azaltılması ve dezenfeksiyon maliyeti doğrultusunda ıspanak için klorla, domateste WUV-C sistemiyle, marul, yaban mersini ve havuç örneklerinde de WUV-PAA kombinasyonu ile yıkama uygulamalarının yapılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Huang ve Chen (2020) tarafından yapılan çalışmada, yaban mersini ve marula >6 log KOB/g, domatese ise 4.1 log KOB/g *S. enterica*

inoküle edilmiş gıda örneklerine bulanık yıkama suyunda farklı konumlarda yerleştirilmiş UV-C ışık [suyun içerisinde (4 mW/cm² ışık şiddeti), üstten (23-28 mW/cm² ışık şiddeti) veya kombine halde] uygulanması sonucunda, domates (2.4-2.9 log KOB/g) ve yaban mersini (1.8-2.0 log KOB/g) örneklerine farklı konumlarda uygulanan UV-C ışık işlemleri arasında inaktivasyonun anlamlı olarak değişmediği tespit edilmiştir. Marul örneklerinde ise üstten veya kombine olarak ışık uygulamasının uygulamalar arasında farklı bir sonuç oluşturmadığı ve tüm uygulamalar arasında en iyi azalmayı (1.5 log KOB/g) sağladığı belirlenmiştir.

WUV-C uygulamasının örneklerin kalite kriterleri üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Yapılan bir çalışmada, farklı dozlarda WUV-C uygulamasının (0.3-1.8 kJ/m²) geleneksel yöntemle yetiştirilmiş brokoli örneklerinin sertliğinde, parlaklığında ve Hue açısı değerlerinde değişikliğe yol açmadığı tespit edilmiştir (Collazo vd., 2018). Hue açısı, gözlemlenen maddenin rengini temsil etmekte olup, a* (kırmızı/yeşil) ve b*(sarı/mavi) parametrelerine göre formüle edilmektedir (Senadeera vd., 2020). Huang ve Chen (2020) ise WUV-C (27.6-33.6 kJ/m²) işleminin görsel açıdan gıdanın rengini ve dokusunu etkilemediğini bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise kimyasalların tek başına (10 veya 20 mg/L klor, 40 veya 80 mg/L peroksiasetik asit) veya peroksiasetik asidin WUV-C (30 mW/cm² ışık şiddeti) sistemiyle kullanılmasının üründe aynı renk değişimlerine yol açtığı belirlenmiştir (Lippman vd., 2020). Taze kesilmiş marul örneğinde ise WUV-C (0.1 kJ/m²) ile 80 mg/L peroksiasetik asidin birlikte kullanılmasının 6 günlük depolama süresinin sonunda hem yüksek konsantrasyonda kimyasal kullanımından hem de uygulanan kesme işleminin dokuya zarar vermesinden dolayı renk değerleri açısından kalite kaybına yol açtığı bildirilmiştir (Collazo vd., 2019b).

SONUÇ

UV-C ışınları minimal işlenmiş taze meyve ve sebzelerin yüzeylerinin dekontamine edilmesinde alternatif yöntem olarak kabul edilmekle birlikte, bu sistemin etkinliği belirli faktörlere göre

değişebilmektedir. UV-C'nin sınırlı olan etkinliğinin mümkün olduğunca ortadan kaldırılması için su destekli UV-C sistemi geliştirilmiştir. WUV-C üzerindeki çalışmalar son altı yılda olup, bu sistemin UV-C'ye kıyasla dekontaminasyonda daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu sistemde hem gıda yıkanmakta hem de tüm yüzeyi daha homojen bir şekilde UV-C ışığa maruz kalmaktadır. Aynı zamanda su destekli UV-C sisteminin genel olarak gıda endüstrisinde yaygın kullanılan klor alternatif olduğu, kimyasal dezenfektanlarla birlikte kullanıldığında yıkama suyundan kaynaklı mikrobiyel kontaminasyonun önüne geçilebileceği yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Sonuç olarak, WUV-C sisteminin meyve ve sebzelerin dekontaminasyonunda kullanılabilirliği hakkında yapılan çalışmalar doğrultusunda gıda yüzeyinde bulunabilecek patojen mikroorganizmaların inaktivasyonunda etkili bir uygulama olduğu görülmektedir. Gıda güvenliğinin sağlanması, üründe kalite kayıplarının en aza indirilmesi ve dolayısı ile ürünün raf ömrünün uzatılması amacıyla WUV-C sisteminin alternatif bir dekontaminasyon uygulaması olarak geliştirilmesi üzerine araştırmalar yoğunlaşmaktadır.

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

Abadias, M., Colás-Medà, P., Viñas, I., Bobo, G., Aguiló-Aguayo, I. (2021). Application of an innovative water-assisted ultraviolet C light technology for the inactivation of microorganisms in tomato processing industries. *Food Microbiol*, 94: 103631, doi: 10.1016/j.fm.2020.103631.

Adhikari, A., Syamaladevi, R. M., Killinger, K., Sablani, S. S. (2015). Ultraviolet-C light inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and

- Listeria monocytogenes* on organic fruit surfaces. *Int J Food Microbiol*, 210: 136-142, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.018.
- Alegre, I., Vinas, I., Usall, J., Teixido, N., Figge, M. J., Abadias, M. (2013). Control of foodborne pathogens on fresh-cut fruit by a novel strain of *Pseudomonas graminis*. *Food Microbiol*, 34(2): 390-399, doi: 10.1016/j.fm.2013.01.013.
- Alenyorege, E. A., Ma, H., Ayim, I., Aheto, J. H., Hong, C., Zhou, C. (2019). Reduction of *Listeria innocua* in fresh-cut Chinese cabbage by a combined washing treatment of sweeping frequency ultrasound and sodium hypochlorite. *LWT-Food Sci Technol*, 101: 410-418, doi: 10.1016/j.lwt.2018.11.048.
- Bermúdez-Aguirre, D., Barbosa-Cánovas, G. V. (2013). Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control*, 29(1): 82-90, doi: 10.1016/j.foodcont.2012.05.073.
- Birmpa, A., Sfika, V., Vantarakis, A. (2013). Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. *Int J Food Microbiol*, 167(1): 96-102, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.005.
- Butot, S., Cantergiani, F., Moser, M., Jean, J. et al. (2018). UV-C inactivation of foodborne bacterial and viral pathogens and surrogates on fresh and frozen berries. *Int J Food Microbiol*, 275: 8-16, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.016.
- Castro-Ibáñez, I., Gil, M. I., Allende, A. (2017). Ready-to-eat vegetables: Current problems and potential solutions to reduce microbial risk in the production chain. *LWT-Food Sci Technol*, 85: 284-292, doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.073.
- Chen, A. J., Luo, W., Luo, Y. B., Zhu, B. Z. (2018). Combined treatment of ultraviolet-C and *L. plantarum* on *Salmonella enteritidis* and quality control of fresh-cut apple. *J Food Process Preserv*, 42(1): e13349, doi: 10.1111/jfpp.13349.
- Collazo, C., Charles, F., Aguiló-Aguayo, I., Marín-Sáez, J. et al. (2019a). Decontamination of *Listeria innocua* from fresh-cut broccoli using UV-C applied in water or peroxyacetic acid, and dry-pulsed light. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 52: 438-449, doi: 10.1016/j.ifset.2019.02.004.
- Collazo, C., Lafarga, T., Aguiló-Aguayo, I., Marín-Sáez, J., Abadias, M., Viñas, I. (2018). Decontamination of fresh-cut broccoli with a water-assisted UV-C technology and its combination with peroxyacetic acid. *Food Control*, 93: 92-100, doi: 10.1016/j.foodcont.2018.05.046.
- Collazo, C., Noguera, V., Aguiló-Aguayo, I., Abadias, M. et al. (2019b). Assessing water-assisted UV-C light and its combination with peroxyacetic acid and *Pseudomonas graminis* CPA-7 for the inactivation and inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* in fresh-cut 'Iceberg' lettuce and baby spinach leaves. *Int J Food Microbiol*, 297: 11-20, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.02.024.
- Condurso, C., Cincotta, F., Tripodi, G., Merlino, M., Giarratana, F., Verzera, A. (2020). A new approach for the shelf-life definition of minimally processed carrots. *Postharvest Biol Technol*, 163: 111138, doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111138.
- FDA (2000). Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cf/cfr/cfrsearch.cfm?fr=179.39 (Erişim tarihi: 13 Ocak 2021).
- Giovenzana, V., Beghi, R., Civelli, R., Guidetti, R. (2015). Optical techniques for rapid quality monitoring along minimally processed fruit and vegetable chain. *Trends Food Sci Technol*, 46(2): 331-338, doi: 10.1016/j.tifs.2015.10.006.
- Gogo, E. O., Opiyo, A. M., Hassenberg, K., Ulrichs, C., Huyskens-Keil, S. (2017). Postharvest UV-C treatment for extending shelf life and improving nutritional quality of African indigenous leafy vegetables. *Postharvest Biol Technol*, 129:107-117, doi:10.1016/j.postharvbio.2017.03.019.
- Graça, A., Santo, D., Quintas, C., Nunes, C. (2017). Growth of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria* spp., and their inactivation using ultraviolet energy and electrolyzed water, on 'Rocha' fresh-cut pears. *Food Control*, 77: 41-49, doi: 10.1016/j.foodcont.2017.01.017.

- Guo, S., Huang, R., Chen, H. (2017). Application of water-assisted ultraviolet light in combination of chlorine and hydrogen peroxide to inactivate *Salmonella* on fresh produce. *Int J Food Microbiol*, 257: 101-109, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.017.
- Huang, R., de Vries, D., Chen, H. (2018). Strategies to enhance fresh produce decontamination using combined treatments of ultraviolet, washing and disinfectants. *Int J Food Microbiol*, 283: 37-44, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.014.
- Huang, R., Chen, H. (2019). Comparison of water-assisted decontamination systems of pulsed light and ultraviolet for *Salmonella* inactivation on blueberry, tomato, and lettuce. *J Food Sci*, 84(5): 1145-1150, doi: 10.1111/1750-3841.14510.
- Huang, R., Chen, H. (2020). Use of 254 nm ultraviolet light for decontamination of fresh produce and wash water. *Food Control*, 109: 106926, doi: 10.1016/j.foodcont.2019.106926.
- Iglesias, M. B., López, M. L., Echeverría, G., Viñas, I., Zudaire, L., Abadias, M. (2018). Evaluation of biocontrol capacity of *Pseudomonas graminis* CPA-7 against foodborne pathogens on fresh-cut pear and its effect on fruit volatile compounds. *Food Microbiol*, 76: 226-236, doi: 10.1016/j.fm.2018.04.007.
- Jeong, Y. J., Ha, J. W. (2019). Combined treatment of UV-A radiation and acetic acid to control foodborne pathogens on spinach and characterization of their synergistic bactericidal mechanisms. *Food Control*, 106: 106698, doi: 10.1016/j.foodcont.2019.06.024.
- Joshi, K., Mahendran, R., Alagusundaram, K., Norton, T., Tiwari, B. K. (2013). Novel disinfectants for fresh produce. *Trends Food Sci Technol*, 34(1): 54-61, doi:10.1016/j.tifs.2013.08.008.
- Khan, I., Tango, C. N., Miskeen, S., Lee, B. H., Oh, D. H. (2017). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety—A review. *Food Control*, 73: 1426-1444, doi: 10.1016/j.foodcont.2016.11.010.
- Kim, H. G., Song, K. B. (2017). Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and ultraviolet-C light for inactivating *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums. *Food Control*, 71: 371-375, doi: 10.1016/j.ifset.2017.06.015.
- Kuan, C. H., Lim, L. W. K., Ting, T. W., Rukayadi, Y. et al. (2017). Simulation of decontamination and transmission of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Enteritidis, and *Listeria monocytogenes* during handling of raw vegetables in domestic kitchens. *Food Control*, 80: 395-400, doi: 10.1016/j.foodcont.2017.05.029.
- Leng, J., Mukhopadhyay, S., Sokorai, K., Ukuku, D. O. et al. (2020). Inactivation of *Salmonella* in cherry tomato stem scars and quality preservation by pulsed light treatment and antimicrobial wash. *Food Control*, 110: 107005, doi: 10.1016/j.foodcont.2019.107005.
- Li, K., Weidhaas, J., Lemonakis, L., Khouryieh, H. et al. (2017). Microbiological quality and safety of fresh produce in West Virginia and Kentucky farmers' markets and validation of a post-harvest washing practice with antimicrobials to inactivate *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 79: 101-108, doi: 10.1016/j.foodcont.2017.03.031.
- Lim, W., Harrison, M. A. (2016). Effectiveness of UV light as a means to reduce *Salmonella* contamination on tomatoes and food contact surfaces. *Food Control*, 66: 166-173, doi: 10.1016/j.foodcont.2016.01.043.
- Lippman, B., Yao, S., Huang, R., Chen, H. (2020). Evaluation of the combined treatment of ultraviolet light and peracetic acid as an alternative to chlorine washing for lettuce decontamination. *Int J Food Microbiol*, 323: 108590, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108590.
- Liu, C., Huang, Y., Chen, H. (2015a). Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* on blueberries in water using ultraviolet light. *J Food Sci*, 80(7): M1532-M1537, doi: 10.1111/1750-3841.12910.
- Liu, C., Li, X., Chen, H. (2015b). Application of water-assisted ultraviolet light processing on the inactivation of murine norovirus on

- blueberries. *Int J Food Microbiol*, 214: 18-23, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.023.
- Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., Gao, Z. (2017). Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends Food Sci Technol*, 64: 23-38, doi: 10.1016/j.tifs.2017.03.005.
- Meireles, A., Giaouris, E., Simões, M. (2016). Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. *Food Res Int*, 82: 71-85, doi: 10.1016/j.foodres.2016.01.021.
- Mostafidi, M., Sanjabi, M. R., Shirkhan, F., Zahedi, M. T. (2020). A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends Food Sci Technol*, 103: 321-332, doi: 10.1016/j.tifs.2020.07.009.
- Ngnitcho, P. F. K., Khan, I., Tango, C. N., Hussain, M. S., Oh, D. H. (2017). Inactivation of bacterial pathogens on lettuce, sprouts, and spinach using hurdle technology. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 43: 68-76, doi: 10.1016/j.ifset.2017.07.033.
- Nicolau-Lapeña, I., Abadias, M., Viñas, I., Bobo, G. et al. (2020). Water UV-C treatment alone or in combination with peracetic acid: A technology to maintain safety and quality of strawberries. *Int J Food Microbiol*, 335: 108887, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108887.
- Oliveira, M., Abadias, M., Colás-Medà, P., Usall, J., Viñas, I. (2015). Biopreservative methods to control the growth of foodborne pathogens on fresh-cut lettuce. *Int J Food Microbiol*, 214: 4-11, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.015.
- Ortiz-Solà, J., Abadias, I., Colás-Medà, P., Anguera, M., Viñas, I. (2021). Inactivation of *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* and murine norovirus (MNV-1) on fresh strawberries by conventional and water-assisted ultraviolet light (UV-C). *Postharvest Biol Technol*, 174: 111447, doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111447.
- Ortiz-Solà, J., Abadias, M., Colás-Medà, P., Sánchez, G., Bobo, G., Viñas, I. (2020). Evaluation of a sanitizing washing step with different chemical disinfectants for the strawberry processing industry. *Int J Food Microbiol*, 334: 108810, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108810.
- Pablos, C., Romero, A., de Diego, A., Vargas, C. et al. (2018). Novel antimicrobial agents as alternative to chlorine with potential applications in the fruit and vegetable processing industry. *Int J Food Microbiol*, 285: 92-97, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.029.
- Park, J. B., Kang, J. H., Song, K. B. (2018). Combined treatment of cinnamon bark oil emulsion washing and ultraviolet-C irradiation improves microbial safety of fresh-cut red chard. *LWT-Food Sci Technol*, 93: 109-115, doi: 10.1016/j.lwt.2018.03.035.
- Pedros-Garrido, S., Condón-Abanto, S., Clemente, I., Beltrán, J. A. et al. (2018). Efficacy of ultraviolet light (UV-C) and pulsed light (PL) for the microbiological decontamination of raw salmon (*Salmo salar*) and food contact surface materials. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 50: 124-131, doi: 10.1016/j.ifset.2018.10.001.
- Prakash, A., Baskaran, R., Paramasivam, N., Vadivel, V. (2018). Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: A review. *Food Res Int*, 111: 509-523, doi: 10.1016/j.foodres.2018.05.066.
- Ramos, B., Miller, F. A., Brandão, T. R., Teixeira, P., Silva, C. L. (2013). Fresh fruits and vegetables- An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 20: 1-15, doi: 10.1016/j.ifset.2013.07.002.
- Senadeera, W., Adiletta, G., Önal, B., Di Matteo, M., Russo, P. (2020). Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*, 9: 101, doi:10.3390/foods9010101.
- Seong, J. Y., Kwon, K. H., Oh, S. W. (2017). Combined effect of aerosolized malic acid and UV-C for the inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut lettuce. *J Food Saf*, 37(4): e12359, doi: 10.1111/jfs.12359.

Singh, H., Bhardwaj, S. K., Khatri, M., Kim, K. H., Bhardwaj, N. (2020). UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chem Eng J*, 128084, doi: 10.1016/j.cej.2020.128084.

Siroli, L., Patrignani, F., Serrazanetti, D. I., Gardini, F., Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of

minimally processed fruits and vegetables. *Trends Food Sci Technol*, 46(2):302-310, doi: 10.1016/j.tifs.2015.04.014.

Yüksel, Ç., Atalay, D., Erge, H. S. (2020). Yenilebilir kaplamaların taze kesilmiş meyve ve sebzelerde kullanımı. *GIDA*, 45(2), 340-355, doi: 10.15237/gida.GD19144.

ENZYMATIC CHARACTERIZATION OF YEAST ISOLATED FROM NATURALLY FERMENTED HERBS*

Erkan Güneş¹, Furkan Aydın², İbrahim Çakır^{3**}

¹ Amasya University Rectorate, Internal Audit Unit, Amasya, Turkey,

² Aksaray University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Aksaray, Turkey.

³ Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Bolu, Turkey.

Received/ Geliş: 17.05.2021; Accepted/ Kabul: 06.07.2021; Published online/ Online baskı: 02.08.2021

Güneş, E., Aydın, F., Çakır, İ. (2021). Enzymatic characterization of yeast isolated from naturally fermented herbs. *GIDA* (2021) 46 (5) 1081-1091 doi: 10.15237/gida.GD21088

Güneş, E., Aydın, F., Çakır, İ. (2021). Enzymatic characterization of yeast isolated from naturally fermented herbs. *GIDA* (2021) 46 (5) 1081-1091 doi: 10.15237/gida.GD21088

ABSTRACT

This study aims to identify yeasts from spontaneously fermented herbs used for Van herby cheese and to evaluate their enzymatic activities. Sequencing of partial 26S rRNA gene revealed the species of *Pichia membranifaciens* ($n = 8$), *Kazachstania servazzii* ($n = 6$), *Debaryomyces hansenii* ($n = 2$), *Kluyveromyces marxianus* ($n = 2$), and *Pichia fermentans* ($n = 2$). Enzyme profiles were determined using API-ZYM strips. The isolates had diverse enzyme activities, including alkaline and acid phosphatase, esterase, esterase lipase, aminopeptidases, and proteases mostly at different levels, which may have crucial roles during ripening of the cheese. *K. marxianus* M8.1, *D. hansenii* M6.1, and M6.3, *P. membranifaciens* M13.1, M13.2, and M14.1 had superior and diverse enzymatic characteristics. Such enzymatic activities could be of great technological importance for the determination of adjunct culture along with starter lactic acid bacteria for the production of Van herby cheese.

Keywords: Brine solution, herb, yeast, enzyme activity.

FERMENTE SALAMURA OTLARDAN İZOLE EDİLEN MAYALARIN ENZİMATİK KARAKTERİZASYONU

ÖZ

Bu çalışmada, Van otlı peyniri üretiminde kullanılan fermente salamura otlarından mayaların izolasyonu, identifikasyonu ve enzimatik aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yirmi adet maya izolatu izole edilerek moleküler olarak tanımlanmıştır. Tanımlamada 26S rRNA gen bölgesinin D1/D2 alt bölgesi çoğaltılarak sekanslanmıştır. Sekanslama sonucunda *Pichia membranifaciens* ($n = 8$), *Kazachstania servazzii* ($n = 6$), *Debaryomyces hansenii* ($n = 2$), *Kluyveromyces marxianus* ($n = 2$) ve *Pichia*

* This paper includes data from MSc thesis of Erkan Güneş. A part of this study was presented as a poster at the 2nd International Congress on Food Technology, November 05-07, 2014, Kuşadası, Aydın Turkey and published as an abstract in Congress Abstract Book. / Bu çalışma Erkan Güneş'in yüksek lisans tez çalışmasından veriler içermektedir. Bu çalışmanın bir kısmı 2. Uluslararası Gıda Teknolojisi Kongresi, 05-07 Kasım 2014, Kuşadası, Aydın, Türkiye'de poster olarak sunulmuş ve kongre kitabında özeti bildiri olarak basılmıştır.

**Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: ibrahimcakir@ibu.edu.tr

☎ (+90) 374 254 1000/ 4827

☎ (+90) 374 253 4558

Erkan Güneş; ORCID no: 0000-0001-8666-9124

Furkan Aydın; ORCID no: 0000-0003-2924-5434

İbrahim Çakır; ORCID no: 0000-0001-7775-1871

fermentans ($n = 2$) türleri tanımlanmıştır. İzolatların enzim profilleri API-ZYM test kitleri kullanılarak belirlenmiştir. İzolatların, peynirin olgunlaşması sırasında önemli rollere sahip olabilecek alkali ve asit fosfataz, esteraz, esteraz lipaz, aminopeptidazlar ve proteazlar dahil olmak üzere çeşitli enzim aktivitelerine sahip olduğu belirlenmiştir. İzolatlar arasından, *K. marxianus* M8.1, *D. hansenii* M6.1 ile M6.1, *P. membraniciens* M13.1, M13.2 ile M14.1 suşlarının üstün enzimatik özellikler taşıdığı görülmüştür. Bu tür enzimatik faaliyetlerin, Van otlu peyniri üretimi için starter laktik asit bakterileri ile birlikte ek kültürün belirlenmesi için teknolojik bir öneme sahip olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Salamura çözeltisi, ot, maya, enzim aktivitesi.

INTRODUCTION

Yeast constitute the microflora of many artisanal cheeses (Frohlich-Wyder et al., 2019). Sources of yeast in cheese are quite complex due to their ability to tolerate extreme conditions such as low pH and reduced water activity with enhancing brine concentrations. They are widely dispersed in a cheese-making environment, raw milk, and on the surfaces of cheese-making tools (Banjara et al., 2015). The herbs and spontaneously fermented herbs are also great contamination sources of different yeast species as well as lactic acid bacteria (LAB) (Çakır, 2010). They play crucial roles in the production of nearly all types of artisanal cheeses (Haastrup et al., 2018). The initially abundant yeast species in cheese are reported to be salt-tolerant. They have the ability to metabolize lactate produced by LAB in the early stage of ripening as well as producing NH_3 from amino acids, thus increasing the pH of the cheese. The deacidification process gives rise to bacteria, mainly non-starter LAB, to grow and pursue the ripening (Frohlich-Wyder et al., 2019). Moreover, thanks to their lipolytic, proteolytic, and extensive extracellular enzymatic activity, they have substantial effects on the development of cheese flavor and texture (McSweeney, 2004). The contribution of yeast to cheese technology has enabled them to be included in adjunct culture studies for the recent years (Atanassova et al., 2016; Binetti et al., 2013; De Freitas et al., 2008; Kesenkas and Akbulut, 2008).

Herby (Otlu) cheese is a semi-hard and herb-flavored artisanal cheese manufactured mainly from raw sheep's milk in the eastern part of Turkey for over 200 years (Tarakci et al., 2004). Approximately 25 different herbs are used alone or as mixtures of a few prepared in brine, among

which *Allium*, *Thymus*, *Anthriscus*, and *Ferula* are the most commonly used at levels of 0.5-2.0 kg per 100 kg milk (Coskun, 1998; Hayaloglu and Farkye, 2011). It still continues to gain popularity among consumers demanding robust flavors due to its unique garlic and thyme aroma distinguishing Van herby cheese from other artisanal cheeses in aroma perspective. Although the chemistry and biochemistry of Van herby cheese have been very-well studied, the microbiological aspect regarding the isolation and characterization of yeast remains unclear.

There has been a growing interest in studying yeast isolated from traditional cheeses in recent years, which mainly focus on genetic characterization, determining their roles in ripening and evaluating their technological and probiotic characteristics more in particular (Aydın et al., 2020; Binetti et al., 2013). Four significant yeast species, which are *Yarrowia lipolytica*, *Kluyveromyces marxianus*, *K. lactis*, and *Debaryomyces hansenii*, were reported to be the most isolated species from artisanal cheeses and their brine solutions and are described in more detail (Atanassova et al., 2016; Banjara et al., 2015; Ceugniez et al., 2015). On the other hand, *Pichia membranifaciens*, *P. fermentans*, *P. kudriavzevii*, *Galactomyces candidum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and some species belonging to *Candida* genus were isolated in lesser amounts (Aponte et al., 2010; Zheng et al., 2018). Taking into account that yeast plays essential roles during ripening as well as LAB, there is still a need for determining endogenous yeast microflora of artisanal cheeses and their technological properties extensively. Some studies regarding technological characteristics of yeast isolated from different artisanal cheeses, including Erzincan Tulum cheese, Mihalic cheese, Fossa cheese, and Serpa cheese, were carried out (Biagiotti et al., 2018;

Dos Santos et al., 2017; Karasu-Yalcin et al., 2012: 2017). Yet, to the best of our knowledge, yeast from Herby cheese or spontaneously fermented herb solutions has not been studied in detail. This study aims to identify yeast from naturally fermented herb brines used for the production of Herby cheese and evaluate their enzymatic characteristics.

MATERIALS AND METHODS

Fermented brine solutions

Fermented herb brine solutions containing *Allium schoenoprasum*, *Anthriscus nemorosa*, *Prangos ferulacea*, and *Chaerophyllum macropodium* alone and as a mixture of a few were provided by Professor Yusuf Tuncturk from Food Engineering Department of Van Yuzuncu Yil University (Van, Turkey). The detailed information regarding the isolation materials is given in Table 1 within the result and discussion section.

Isolation of yeasts

Twenty-five grams of herb brine solutions were taken and homogenized in 225 mL of sterile saline solution (0.85% NaCl) using a stomacher (MAYO, HG-400, Australia). Series of dilutions up to 10^{-5} were prepared. Duplicate aliquots (100 μ L) of appropriate dilutions were inoculated onto Potato Dextrose Agar (Oxoid, UK) pH 5.0 supplemented with 100 mg/kg of chloramphenicol (Sigma Aldrich, USA). The plates were incubated at 28°C for 3-5 days. Morphologically different colonies were selected and isolated by streaking plate technique to obtain pure cultures for molecular identification. Isolates were maintained in YPD broth (Sigma Aldrich, USA) with (v/v) 20% added glycerol and as slant in the same medium supplemented with 1.5% agar (Sigma Aldrich, USA) without glycerol.

Molecular identification of isolates

DNA of each strain was extracted using a commercial product of DNeasy Blood and Tissue kit (Qiagen, Cat No./ID: 69504) according to the manufacturer's instructions. The final quantity of DNA was evaluated by the DS-11 FX+ spectrophotometer (Denovix, USA) and diluted to 50 ng using sterile ultra-pure water. Template DNA samples were stored at -20°C till used.

For amplification of the D1/D2 domain of the 26S rRNA gene of the isolates, NL1 (5'-GCA TAT CAA TAA GCG GAG GAA AAG-3') and NL4 (5'-TCC TCC GTC TAT TGA TAT GC-3') primer pairs were employed (Kurtzman and Robnett, 1998). PCR reactions were performed in a 50 μ L reaction mixture containing 1 \times PCR reaction buffer, 200 μ M dNTPs, 0.4 μ M each primer, 1.5-unit *Taq* DNA Polymerase (New England BioLabs, MA), and 50 ng template DNA. The PCR amplification was carried out in a T100 thermal cycler (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). It included 3 min of initial denaturation step at 94°C, followed by 35 cycles with 35 s denaturation at 94°C, 40 s annealing at 55°C, and 1 min extension at 72°C with 10 min of final extension at 72°C. Amplification products were visualized on an agarose gel to check the amplification. The amplicons were subjected to bidirectional sequencing in a commercial company (Macrogen Inc., Seoul, Korea).

The sequence data were subjected to the BLAST search in the GenBank database (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>) to match with the closest available reference sequences in the complete National Center for Biotechnology Information (NCBI) nucleotide collection. Accordingly, the accession numbers for the D1/D2 domain of the isolates submitted to NCBI are MT040771 through MT040790. Phylogenetic and molecular evolutionary analyses of 20 isolates from this study and corresponding yeast isolates deposited in the nucleotide database of GenBank (*P. membranifaciens*: DQ409149; KY108894; *K. servazii*: MH704181; *D. hansenii*: KY107508; *K. marxianus* KT945093; *P. fermentans* KY108803) were aligned with CLUSTAL W (Thompson et al., 1994). Sequences were edited manually using MEGAX (Kumar et al., 2018) for higher accuracy, which is given in detail by Ozer and Bayraktar (2018). A neighbor-joining tree was constructed using Tamura and Nei (1993) model with bootstrap analyses using the heuristic search option conducted with 1,000 replicates.

Growth at different salt concentrations

The yeast strains were grown in 10 mL of YPD broth (Sigma Aldrich, USA) in the

presence of different NaCl concentrations (7.5%, 10%, and 12.5%) for two weeks at 28°C.

Enzymatic characterization

Enzymatic activity of yeast was determined using the API-ZYM test system (BioMérieux, France) thanks to which 19 different enzyme activity can be rapidly analyzed. Previously activated yeast cultures were grown on PDA by streaking plate technique. After the incubation period, single colonies were taken and suspended in distilled water till they reach 5-6 McFarland turbidity. Then the 65 µL of suspensions were inoculated to the wells of API-ZYM strip and incubated at 37°C for around 4-5 hours before the addition of ZYM A and ZYM B reagents to each cupule. The color formation was awaited for around 5 minutes. The strips were held under a 1000 W lamp for 10 seconds to prevent the formation of yellow color due to Fast Blue BB. Enzyme activity was graded from 0 to 5 by comparison of color formed within 5 minutes to the API-ZYM color reaction chart, and the results were expressed on a scale from 0 (no activity) to 5 (maximum activity).

RESULTS AND DISCUSSION

Identification of the strains and phylogenetic analyses

A total of 20 yeast isolates obtained from naturally fermented herbs used for the production of Herby cheese were identified by sequencing the D1/D2 domain of 26S rRNA. Among all, eight were ascribed to *Pichia membranifaciens* (40.0%), 6 to *Kazachstania servazqii* (30.0%), 2 to *Debaryomyces hansenii* (%10) 2 to *Kluyveromyces marxianus* (%10) and 2 to *Pichia fermentans* (%10), respectively. The isolates were confirmed by the BLASTn algorithm running on the NCBI website for each strain. The fragments amplified using NL1 and NL4 primers ranged from 552 to 651 bp long, with identity matches of 99-100% with corresponding species from the GenBank. All sequences belonging D1/D2 domain of 26S rRNA obtained in this study have been submitted to the GenBank database with the accession numbers, as indicated in Table 1 with detail information.

Table 1. The detailed information regarding yeasts.

Strain	Source	Identified species	Accession N°
M10.1	<i>Anthriscus nemorosa</i> in brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040779
M11.1	<i>Allium schoenoprasum</i> + <i>Anthriscus nemorosa</i> in brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040780
M13.1	<i>Anthriscus nemorosa</i> + <i>Allium schoenoprasum</i> + <i>Chaerophyllum macropodum</i> in whey brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040782
M13.2	<i>Anthriscus nemorosa</i> + <i>Allium schoenoprasum</i> + <i>Chaerophyllum macropodum</i> in whey brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040783
M14.1	<i>Prangos ferulacea</i> in brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040784
M15.2	<i>Allium schoenoprasum</i> in whey brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040786
M17.1	<i>Chaerophyllum macropodum</i> in whey brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040787
M18.2	<i>Allium schoenoprasum</i> in whey brine	<i>Pichia membranifaciens</i>	MT040790
M5.1	<i>Allium schoenoprasum</i> in whey brine	<i>Kazachstania servazqii</i>	MT040771
M5.2	<i>Allium schoenoprasum</i> in whey brine	<i>Kazachstania servazqii</i>	MT040772
M6.4	<i>Anthriscus nemorosa</i> in whey brine	<i>Kazachstania servazqii</i>	MT040775
M9.1	<i>Allium schoenoprasum</i> in whey brine	<i>Kazachstania servazqii</i>	MT040778
M11.2	<i>Allium schoenoprasum</i> + <i>Anthriscus nemorosa</i> in brine	<i>Kazachstania servazqii</i>	MT040781
M15.1	<i>Allium schoenoprasum</i> in whey brine	<i>Kazachstania servazqii</i>	MT040785
M6.1	<i>Anthriscus nemorosa</i> in whey brine	<i>Debaryomyces hansenii</i>	MT040773
M6.3	<i>Anthriscus nemorosa</i> in whey brine	<i>Debaryomyces hansenii</i>	MT040774
M8.1	<i>Prangos ferulacea</i> in whey brine	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	MT040776
M17.3	<i>Chaerophyllum macropodum</i> in whey brine	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	MT040789
M8.2	<i>Prangos ferulacea</i> in whey brine	<i>Pichia fermentans</i>	MT040777
M17.2	<i>Chaerophyllum macropodum</i> in whey brine	<i>Pichia fermentans</i>	MT040788

P. membranifaciens strains were found to be the dominant species along with *K. servazzii*, which is a basionym of *Saccharomyces servazzii*. The prevalence of yeast species differs according to the type of cheese, its origin, raw materials used, and ripening conditions. Most of the researchers reveals that *D. hansenii* was mostly isolated yeast species among traditionally produced raw milk cheeses, especially those manufactured from raw ewes' or goats' milk. As, it can grow in high salt concentrations (Aponte et al., 2010; Karasu-Yalcin et al., 2017; Padilla et al., 2014). Similar to our results, Mei et al. (2014) found that *K. servazzii* was the dominant species along with *S. cerevisiae* in a Camembert-type cheese type by culture-independent PCR-denaturing gel electrophoresis (PCR-DGGE). However, Lavoie et al. (2012) reported that *K. servazzii* could be found in non-dominant microflora of milk and cheese along with *P. membranifaciens*. *K. servazzii* were mostly isolated from alcoholic beverages (Moon et al., 2014; Spitaels et al., 2014) and sourdough (Lhomme et al., 2015). It is noteworthy that, the presence of *K. servazzii* in naturally fermented herbs could be attributed to the assimilation of lactic acid produced by LAB present in the brine. *K. marxianus* is frequently isolated from whey, brine, and different type of cheeses due to its ability to ferment lactose (Cardoso et al., 2015; Haastrup et al., 2018; Lane and Morissey, 2010). Apart from *D. hansenii* and *K. marxianus*, many researchers also reported *Yarrowia lipolytica*, and *Galactomyces candidum* species to have been isolated from different kinds of artisanal cheeses as a result of molecular identification (Ceugniez et al., 2017; Dugat-Bony et al., 2016). Similar to our results, Álvarez-Martín et al. (2007) reported that *P. fermentans* strains constituted the non-dominant microflora of Spanish blue-veined Cabrales cheese.

In some of the other studies in which molecular techniques were not applied for identification, some species belonging to *Candida* genus and *Cryptococcus laurentii* were reported (Al-Otaibi 2012; Karasu-Yalcin et al., 2017). Even in some cases, identification using molecular methods in which Internally Transcript Sequence (ITS) region is amplified by PCR makes some challenges to

differentiate between species. Partial amplification of large subunit is often of choice (Aydin et al., 2020). Non-molecular techniques may not give the best results owing to the inherent phenotypic and genetic heterogeneity in populations, or the limited ability of phenotypic tests used to identify species.

Phylogenetic analysis based upon the D1/D2 domain of 26S rRNA sequences of isolates was carried out employing the neighbor-joining analyses with 1,000 replicates revealing polymorphism between species (Figure 1). The percentage of replicate trees where the associated taxa clustered together in the bootstrap test is indicated adjacent to the branches. The phylogenetic tree divided all isolates into two major groups, which are shown in Figure 1 as Cluster-I and Cluster-II. In the first cluster, there are two sub-clusters formed with high bootstrap values within the genus of *Pichia*. The second cluster, however, was divided into three sub-clusters between *D. hansenii*, *K. marxianus*, and *K. servazzii* species.

Growth abilities at different NaCl concentrations

All isolates were able to grow in the presence of salt with concentrations of 7.5 and 10%, apart from *P. fermentans* strains. Only three strains of *P. membranifaciens* (M13.1, M13.2, M14.1) and both of *D. hansenii* were able to grow at 12.5% NaCl concentration. Taking into account that salt content can reach up to 9.07% in Van herby cheese (Tarakci et al., 2004), all of the strains, except for *P. fermentans* M8.2 and M17.2, could be present in ripened Van herby cheese, which has high salt concentrations particularly, according to population dynamics.

Enzymatic activities

Enzyme profiles of the strains are given in detail in Table 2 and Figure 2. Nearly most of the isolates exhibited very low α -glucosidase, β -glucosidase, α -mannosidase, and α -fucosidase activities while none of the isolates showed β -glucuronidase and N-acetyl- β -glucosaminidase activities. *Kluyveromyces marxianus* M8.1, *D. hansenii* M6.1, and M6.3 had vigorous β -glucosidase

activity, which is a crucial enzyme for the conversion of galactose into glucose-6-phosphate using Leloir pathway with lactose permease. The high β -glucosidase activity among *K. marxianus* and *D. hansenii* strains were reported in yeast isolated from feta cheese (Psomas et al., 2001).

Since the presence or availability of either lactose or galactose in cheese is generally limited, these strains may be essential for residual lactose metabolism during ripening of the herby cheese (Frohlich-Wyder et al., 2019).

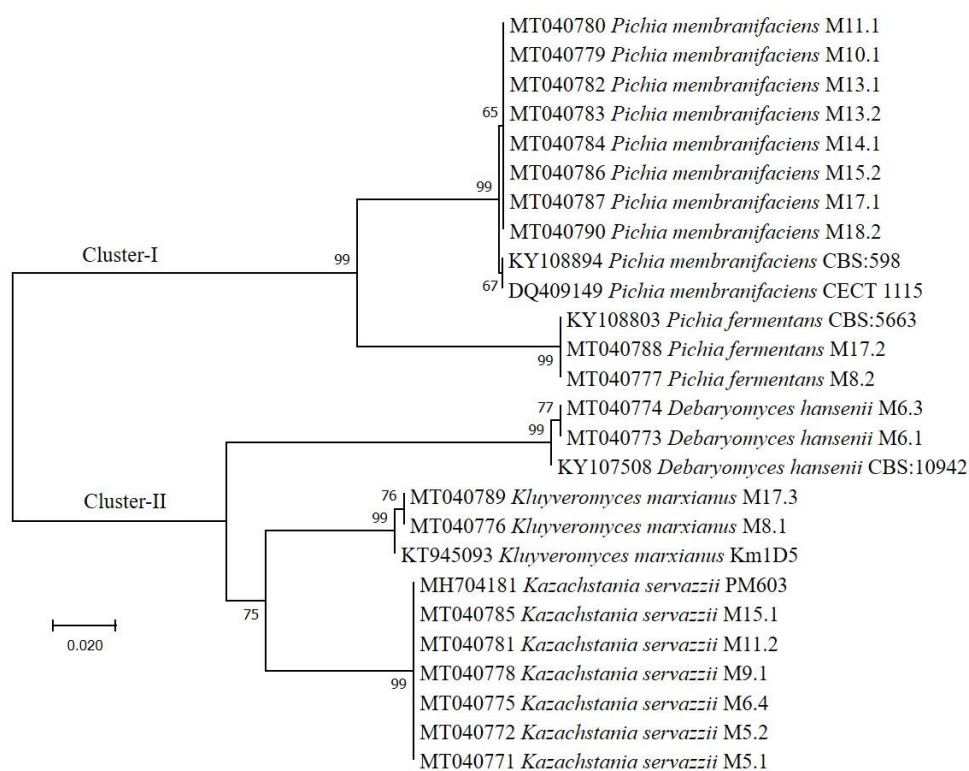


Figure 1. Phylogenetic tree of yeasts generated by neighbor-joining analysis with bootstrap of 1,000.

All isolates had proteolytic enzyme activities of arylamidases (aminopeptidases) which catalyze the hydrolysis of N-terminal amino acids from peptide, amide, and arylamides (Dodor and Tabatabai, 2007). These enzymes were reported to prevent the bitter taste that occurred during the ripening in mold-ripened soft cheeses since they are essential tools in the liberation of amino acids and the development of the desired flavor (Gobbetti et al., 2015). Besides, some of aldehyde and alcohol derivatives are usually formed from the degradation of valine, methionine, leucine, and methionine (Zeng et al., 2014). High leucine arylamidase activities were also reported in Erzincan Tulum cheese and Mihalic cheese by

Karasu-Yalcin et al. (2012, 2017). Our results reveal high valine and cystine arylamidase activities which differs from the isolates obtained from Tulum and Mihalic cheeses. According to the results reported by Kesenkas and Akbulut (2006), *K. marxianus* and *D. hansenii* were found to stimulate the growth of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* and *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* in the early stage of the ripening period, where yeasts were used as adjunct cultures, probably by liberating of peptides. Eventhough most of the production of Van herby cheese is made from raw milk in households, the controlled production includes pasteurization and starter culture addition, in which *L. lactis* subsp. *lactis* and *L. lactis* subsp.

cremoris cultures are used (Ocak et al., 2015). *K. marxianus* M8.1, *D. hansenii* M6.1 and M6.3 strains may have a special role in stimulating the growth

of these two starters during the early stages of ripening.

Table 2. Enzyme activity assay obtained by API-ZYM kit.

Isolate	Control	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Pm 10.1	0	4	5	3	0	5	4	4	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm 11.1	0	4	4	3	1	5	4	4	1	1	5	5	1	1	0	0	0	0	1	0
Pm 13.1	0	4	5	3	1	5	4	3	1	1	5	5	1	1	0	0	0	0	0	0
Pm 13.2	0	2	4	3	1	5	3	3	1	1	5	5	0	1	0	1	1	0	1	1
Pm 14.1	0	1	4	3	0	5	4	4	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm 15.2	0	3	5	3	2	5	4	4	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm 17.1	0	3	5	3	1	4	5	5	1	1	5	5	1	1	0	0	0	0	0	0
Pm 18.2	0	5	4	2	1	5	4	4	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ks 5.1	0	2	5	4	1	5	3	3	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0
Ks 5.2	0	1	5	4	1	5	3	3	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Ks 6.4	0	1	5	3	1	5	3	3	1	1	1	3	2	1	0	0	0	0	1	0
Ks 9.1	0	1	4	3	1	5	3	3	1	1	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Ks 11.2	0	1	5	3	1	5	3	3	1	1	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0
Ks 15.1	0	0	5	4	0	5	4	4	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Dh 6.1	0	4	5	3	0	5	2	3	0	0	4	2	0	4	0	1	0	0	0	0
Dh 6.3	0	5	4	3	1	5	3	2	0	0	5	2	0	4	0	0	0	0	0	0
Km 8.1	0	5	4	3	1	5	4	3	1	1	5	4	1	5	0	1	4	0	1	1
Km17.3	0	1	4	3	0	5	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Pf M8.2	0	1	4	3	0	5	4	3	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Pf 17.2	0	2	4	3	0	5	4	4	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Pm: *Pichia membranifaciens*, Ks: *Kazachstania servazxii*, Dh: *Debaryomyces hansenii*, Km: *Kluyveromyces marxianus*, Pf: *Pichia fermentans* 1: Alkaline phosphatase, 2: Esterase (C4), 3: Esterase lipase (C8), 4: Lipase (C14) 5: Leucine arylamidase, 6: Valine arylamidase, 7: Cystine arylamidase, 8: Trypsin, 9: α -chymotrypsin, 10: Acid phosphatase, 11: Naphtol-AS-BI-phosphohydrolise, 12: α -galactosidase, 13: β - galactosidase, 14: β -glucuronidase, 15: α -glucosidase, 16: β -glucosidase, 17: N-acetyl- β -glucoaminidase, 18: α -mannosidase, 19: α -fucosidase.

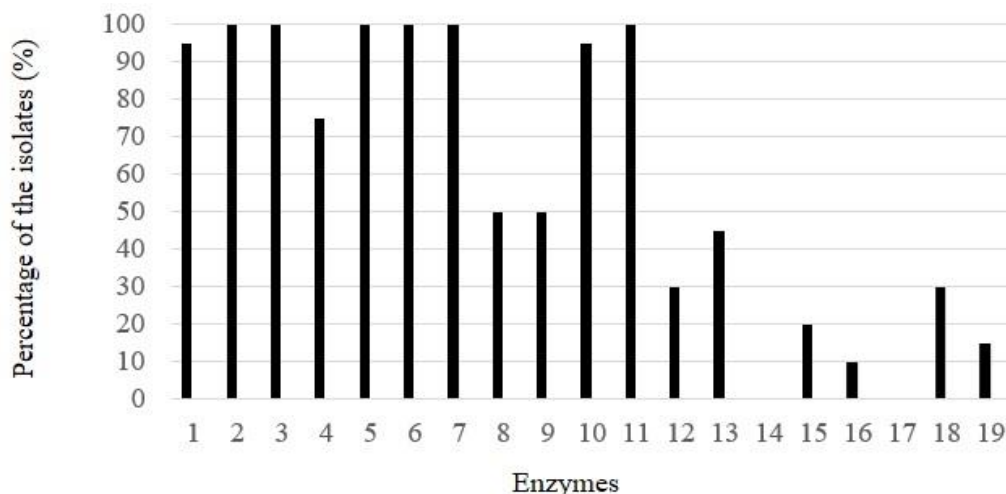


Figure 2. Percentage of yeast isolates having 19 different enzyme activities.

1: Alkaline phosphatase, 2: Esterase (C4), 3: Esterase lipase (C8), 4: Lipase (C14) 5: Leucine arylamidase, 6: Valine arylamidase, 7: Cystine arylamidase, 8: Trypsin, 9: α -chymotrypsin, 10: Acid phosphatase, 11: Naphtol-AS-BI-phosphohydrolise, 12: α -galactosidase, 13: β - galactosidase, 14: β -glucuronidase, 15: α -glucosidase, 16: β -glucosidase, 17: N-acetyl- β -glucoaminidase, 18: α -mannosidase, 19: α -fucosidase

Either weak or no trypsin and α -chymotrypsin activities were observed. Strains displaying low proteinase and relatively strong peptidase activities are essential for the cheese technology. They improve the texture defects in the cheese and have debittering effects (Mathara et al., 2004). Such isolates could have a technological importance for the production of Van herby cheese. According to alkaline and acid phosphatase results, most of the strains exhibited higher acid phosphatase activities. The reason for this is thought to arise from the fact that acid phosphatase has higher thermal activity as well as having lower optimum working pH (Stepaniak, 2004). It acts synergistically with proteolytic enzymes and hydrolyzes casein molecules. This synergetic action gives rise to the extensive production of small peptides and free amino acids. It contributes significantly to the cheese ripening in the point of view of aroma production (Akuzawa and Fox, 2004). On the other hand, all isolates displayed esterase (C4) and esterase lipase (C8) activities, while lipase (C14) activity was observed very weakly for most of the isolates. Lipases are carboxylesterases which catalyze the hydrolysis of the ester linkages on lipids; thus, it results in the liberation of free fatty acids (Decimo et al., 2017). Many researchers have reported different amount of lipolytic strains even for the same species (Karasu-Yalcin et al., 2017; Landel et al., 2006). This discrepancy is thought to arise not only from the strains difference but also from the difference in the application methods. It is hard to evaluate lipolytic activities on an agar medium in which tributyrin and Tween 20 is often used for lipase production. Since lipolysis affects the aroma dramatically, strains displaying moderate or high lipase, esterase, and lipase esterase activities have the potential to be used as adjunct starter cultures.

All strains were evaluated to have multiple and diverse enzymatic activities. Although low protease activity is the case for most of the adjunct culture to prevent the bitter taste, acid phosphatase and arylamidase have crucial roles during the ripening period. Taking into account these parameters, *P. membranifaciens* M13.1, M13.2, and M14.1 had strong acid phosphate and

arylamidase activities as well as growing well under high salt concentrations. In addition to high acid phosphatase and arylamidase activities, β -galactosidase activity should also be taken into account for the conversion of galactose to glucose-6-phosphate. Accordingly, *K. marxianus* M8.1, *D. hansenii* M6.1 and M6.3 were found to have β -galactosidase activity with high acid phosphatase and moderate arylamidase activities.

CONCLUSIONS

Yeast microflora of spontaneously fermented herbs used for the production of Van herby cheese was identified and enzymatic characterization of the isolates was evaluated as a tool for technological characterization. It has been revealed that fermented herb brines included the species of *P. membranifaciens*, *K. servazzii*, *D. hansenii*, *K. marxianus*, and *P. fermentans*, as a result of partial large subunit sequencing. The isolates were found to have variable enzyme activities including, phosphatase, β -galactosidase, lipases, esterase, arylamidases, which could be crucial during the ripening of Van herby cheese. Selected strains can be used in adjunct culture combines for herby cheese production, however, to this end, more studies are required in a proper herby cheese food matrix.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Prof. Dr. Hayri Coşkun and Prof. Dr. Yusuf Tunçtürk for supplying natural herbs from Van province of Turkey.

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

Erkan Güneş and İbrahim Çakır performed isolation and enzymatic assay of the isolates. Furkan Aydın made the molecular analyses and wrote the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- Akuzawa, R., P.F. Fox. (2004). Acid phosphatase in cheese. *Anim. Sci.* 75 (5): 385-391, doi: 10.1111/j.1740-0929.2004.00202.x
- Al-Otaibi, M.M. (2012). Isolation and identification of lactic acid bacteria and yeasts from Sameel milk: a Saudi traditional fermented milk. *Int. J. Dairy Sci.* 7: 73-83, doi: 10.3923/ijds.2012.73.83
- Álvarez-Martín, P., Flórez, A.B., López-Díaz, T.M., Mayo, B. (2007). Phenotypic and molecular identification of yeast species associated with Spanish blue-veined Cabrales cheese. *Int. Dairy J.* 17 (8): 961-967, doi: 10.1016/j.idairyj.2006.11.005
- Aponte, M., Pepe, O., Blaiotta, G. (2010). Identification and technological characterization of yeast strains isolated from samples of water buffalo Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 93(6): 2358-2361, doi: 10.3168/jds.2009-2948
- Atanassova, M.R., Fernández-Otero, C., Rodríguez-Alonso, P., Fernández-No, I.C., Garabal, J. I., J., Centeno, A. (2016). Characterization of yeasts isolated from artisanal short-ripened cows' cheeses produced in Galicia (NW Spain). *Food Microbiol.* 53: 172-181, doi: 10.3168/jds.2009-2948
- Aydin, F., Ozer, G., Alkan, M., Cakir, I. (2020). The utility of iPBS retrotransposons markers to analyze genetic variation in yeast. *Int. J. Food Microbiol.* 325C: 108647, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108647
- Banjara, N., Suhr, M.J., Hallen-Adams, H.E. (2015). Diversity of yeast and mold species from a variety of cheese types. *Curr. Microbiol.* 70(6): 792-800, doi: 10.1007/s00284-015-0790-1
- Biagiotti, C., Ciani, M., Canonico, L., Comitini, F. (2018). Occurrence and involvement of yeast biota in ripening of Italian Fossa cheese. *Eur. Food Res. Technol.* 244 (11): 1921-1931, doi: 10.1007/s00217-018-3104-6
- Binetti, A., Carrasco, M., Reinheimer, J., Suárez, V. (2013). Yeasts from autochthonal cheese starters: technological and functional properties. *J. Appl. Microbiol.* 115(2): 434-444, doi: 10.1111/jam.12228
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Mancini, L., Fox, P.F. (2015). Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening. *Trends Food Sci. Technol.* 45(2): 167-178, doi: 10.1016/j.tifs.2015.07.016
- Cakir I. (2010). Antibacterial and antifungal activities of some lactic acid bacteria isolated from naturally fermented herbs. *J Food Agric. Environ.* 8: 223-226.
- Cardoso, V.M., Borelli, B.M., Lara, C. A., Soares, M.A., Pataro, C., Bodevan, E.C., Rosa, C.A. (2015). The influence of seasons and ripening time on yeast communities of a traditional Brazilian cheese. *Food Res. Int.* 69: 331-340, doi: 10.1016/j.foodres.2014.12.040
- Ceugniz, A., Drider, D., Jacques, P., Coucheney, F. (2015). Yeast diversity in a traditional French cheese "Tomme d'orchies" reveals infrequent and frequent species with associated benefits. *Food Microbiol.* 52: 177-184, doi: 10.1016/j.fm.2015.08.001
- Ceugniz, A., Taminiau, B., Coucheney, F., Jacques, P., Delcenserie, V., Daube, G., Drider, D. (2017). Fungal diversity of "Tomme d'Orchies" cheese during the ripening process as revealed by a metagenomic study. *Int. J. Food Microbiol.* 258: 89-93, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.07.015
- Coskun, H. (1998). Microbiological and biochemical changes in herby cheese during ripening. *Nahrung.* 42(5): 309-313, doi: [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(199810\)42:05%3C309::AID-FOOD309%3E3.0.CO;2-U](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(199810)42:05%3C309::AID-FOOD309%3E3.0.CO;2-U)
- De Freitas, I., Pinon, N., Berdagué, J. L., Tournayre, P., Lortal, S., Thierry, A. (2008). *Kluyveromyces lactis* but not *Pichia fermentans* used as adjunct culture modifies the olfactory profiles of Cantalet cheese. *J. Dairy Sci.* 91(2): 531-543, doi: 10.3168/jds.2007-0136.
- Decimo, M., Brasca, M., Ordóñez, J.A., Cabeza, M.C. (2017). Fatty acids released from cream by psychrotrophs isolated from bovine raw milk. *Int. J. Dairy Technol.* 70 (3): 339-344, doi: 10.1111/1471-0307.12347

- Dodor, D.E., Tabatabai, M.A. (2007). Arylamidase activity as an index of nitrogen mineralization in soils. *Commun. Soil Sci. Plan.* 38 (15-16): 2197-2207, doi: 10.1080/00103620701549132
- Dos Santos, M.T.P.G., Benito, M. J., de Guía Córdoba, M., Alvarenga, N. And Herrera, S.R. M.S. (2017). Yeast community in traditional Portuguese Serpa cheese by culture-dependent and-independent DNA approaches. *Int. J. Food Microbiol.* 262: 63-70, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.09.013
- Dugat-Bony, E., Garnier, L., Denonfoux, J., Ferreira, S., Sarthou, A.S., Bonnarme P., Irlinger, F. 2016. Highlighting the microbial diversity of 12 French cheese varieties. *Int. J. Food Microbiol.* 238: 265-273, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.026
- Frohlich-Wyder, M.T., Arias-Roth, E., E. Jakob. (2019). Cheese yeasts. *Yeast.* 36 (3): 129-141, doi: 10.1002/yea.3368
- Haastrup, M. K., Johansen, P., Malskær, A. H., Castro-Mejía, J. L., Kot, W., Krych, Arneborg, N., Jespersen, L. (2018). Cheese brines from Danish dairies reveal a complex microbiota comprising several halotolerant bacteria and yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* 285: 173-187, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.015
- Hayaloglu, A.A., N. Y. Farkye. 2011. Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Fuquay JW, Fox PF and McSweeney PLH (eds.), Second Edition, Volume. 1, Academic Press, US, pp. 783–789, doi: 10.1016/B978-0-12-374407-4.00507-0
- Karasu-Yalcin, S., Senses-Ergul, S., Ozbas, Z.Y. (2012). Identification and enzymatic characterization of the yeasts isolated from Erzincan tulum cheese. *Mljekarstvo.* 62(1): 53-61.
- Karasu-Yalcin, S., Senses-Ergul, S., Ozbas, Z.Y. (2017). Enzymatic characterization of yeast strains originated from traditional Mihalic cheese. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 6(5): 1152-1156, doi: 10.15414/jmbfs.2017.6.5.1152-1156
- Kesenkas, H., Akbulut, N. (2008). Yeasts as ripening adjunct cultures in Turkish white brined cheese production. *Turk J. Vet. Anim. Sci.* 32(5): 327-333.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular evolutionary genetics analyses across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 35: 1547-1549, doi: 10.1093/molbev/msy096
- Kurtzman, C.P., Robnett, C.J. (1998). Identification and phylogeny of ascomycetous yeasts from analysis of nuclear large subunit (26S) ribosomal DNA partial sequences. *Anton. Leeuw. Int. J. G.* 73(4): 331-371, doi: 10.1023/A:1001761008817
- Landell, M.F., Hartfelder, C., Valente, P. (2006). Identification and enzymatic profile of yeasts isolated from artisanal cheese in Southern Brazil. *Acta Sci. Vet.* 34 (1): 49-55.
- Lane, M.M., Morrissey, J.P. (2010). *Kluyveromyces marxianus*: a yeast emerging from its sister's shadow. *Fungal Biol.Rev.* 24(1-2): 17-26, doi: 10.1016/j.fbr.2010.01.001
- Lavoie, K., Touchette, M., St-Gelais, D., Labrie, S. (2012). Characterization of the fungal microflora in raw milk and specialty cheeses of the province of Quebec. *Dairy Sci. Technol.* 92(5): 455-468, doi: 10.1007/s13594-011-0051-4
- Lhomme, E., Lattanzi, A., Dousset, X., Minervini, F., De Angelis, M., Lacaze, G., Onno, B., Gobetti, M. 2015. Lactic acid bacterium and yeast microbiotas of sixteen French traditional sourdoughs. *Int. J. Food Microbiol.* 215: 161-170, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.09.015
- Mathara, J. M., Schillinger, U., Kutima, P. M., Mbugua, S. K., Holzapfel, W.H. (2004). Isolation, identification and characterisation of the dominant microorganisms of kule naoto: the Maasai traditional fermented milk in Kenya. *Int. J. Food Microbiol.* 94(3): 269-278, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.008
- McSweeney P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *Int. J. Dairy Technol.* 57(2-3): 127-144, doi: 10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x
- Mei, J., Guo, Q., Wu, Y., Li, Y. (2014). Microbial diversity of a Camembert-type cheese using freeze-dried Tibetan kefir coculture as starter

- culture by culture-dependent and culture-independent methods. *PLoS one.* 9 (10): e111648, doi: 10.1371/journal.pone.0111648
- Moon, S.H., Chang, M., Kim, H.Y., Chang, H.C. (2014). *Pichia kudriavzevii* is the major yeast involved in film-formation, off-odor production, and texture-softening in over-ripened Kimchi. *Food Sci. Biotechnol.* 23(2): 489-497, doi: 10.1007/s10068-014-0067-7
- Ocak, E., Javidipour, I. and Y. Tuncturk. (2015). Volatile compounds of Van Herby cheeses produced with raw and pasteurized milks from different species. *Int. J. Food Sci. Tech.* 52(7): 4315-4323, doi: 10.1007/s13197-014-1458-8
- Ozer, G., Bayraktar, H. (2018). Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* isolates analyzed by vegetative compatibility, sequences analysis of the rDNA IGS region and iPBS retrotransposon markers. *J. Plant Pathol.* 100 (2): 225-232, doi: 10.1007/s42161-018-0063-5
- Padilla, B., Manzanares, P., Belloch, C. (2014). Yeast species and genetic heterogeneity within *Debaryomyces hansenii* along the ripening process of traditional ewes' and goats' cheeses. *Food Microbiol.* 38: 160-166, doi: 10.1016/j.fm.2013.09.002
- Psomas, E., Andrighetto, C., Litopoulou-Tzanetaki, E., Lombardi, A., Tzanetakis, N. (2001). Some probiotic properties of yeast isolates from infant faeces and Feta cheese. *Int. J. Food Microbiol.* 69(1-2): 125-133, doi: 10.1016/S0168-1605(01)00580-3
- Spitaels, F., Wieme, A. D., Janssens, M., Aerts, M., Daniel, H. M., Van Landschoot, A., De Vuyst, L., Vandamme, P. (2014). The microbial diversity of traditional spontaneously fermented lambic beer. *PLoS one.* 9(4): e95384, doi: 10.1371/journal.pone.0095384
- Stepaniak, L. (2004). Dairy enzymology. *Int. J. Dairy Technol.* 57(2-3): 153-171, doi: 10.1111/j.1471-0307.2004.00144.x
- Tamura, K., Nei, M. (1993). Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 10: 512-526, doi: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a040023
- Tarakci, Z., Coskun, H. and Tuncturk, Y. (2004). Some Properties of Fresh and Ripened Herby Cheese, a Traditional Variety Produced in Turkey. *Food Technol. Biotechnol.* 42(1): 47-50.
- Thompson, J. D., Higgins, D. G., Gibson, T.J. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.* 22: 4673-4680, doi: 10.1093/nar/22.22.4673.
- Zeng, X., Xia, W., Wang, J., Jiang, Q., Xu, Y., Qiu, Y., Wang, H. (2014). Technological properties of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from Chinese traditional low salt fermented whole fish. *Food Control.* 40: 351-358, doi: 10.1016/j.foodcont.2013.11.048.
- Zheng, X., Li, K., Shi, X., Ni, Y., Li, B., Zhuge, B. (2018). Potential characterization of yeasts isolated from Kazak artisanal cheese to produce flavoring compounds. *Microbiology Open* 7(1): e00533, doi: 10.1002/mbo3.533.

ÇEŞİTLİ BİTKİSEL EKSTRAKTLAR VE KOMBİNASYONLARININ KÖFTEDE ANTİMİKROBİYEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI*

Gülten Kolcuoğlu^{1**}, A.Kadir Halkman²

¹Arkim Laboratuvar Malzemeleri Tic. A.Ş., Ankara, Türkiye

²Ankara Üniv., Mühendislik Fakültesi, Gıda Müh. Blm., Ankara, Türkiye

Geliş / Received: 10.05.2021; Kabul / Accepted: 14.07.2021; Online baskı / Published online: 06.08.2021

Kolcuoğlu, G., Halkman, A.K. (2021). Çeşitli bitkisel ekstraktlar ve kombinasyonlarının köftede antimikrobiyel etkisinin araştırılması. *GIDA* (2021) 46 (5) 1092-1104 doi: 10.15237/gida.GD21084

Kolcuoğlu, G., Halkman, A.K. (2021). Investigation of the antimicrobial effect of various herbal extracts and combinations in meatball. GIDA (2021) 46 (5) 1092-1104 doi: 10.15237/gida.GD21084

ÖZ

Bu çalışmada zeytin yaprağı ekstraktı, greyfurt uçucu yağı, portakal kabuğu uçucu yağı, biberiye uçucu yağı ve propolisin, tek başına ve kombinasyonlar halinde *E. coli* O157:H7, *S. Enteritidis*, *E. coli* Biotip 1, *L. monocytogenes* ve *S. aureus*'a karşı antibakteriyel aktiviteleri disk difüzyon yöntemiyle araştırılmıştır. Patojenlere karşı en yüksek inhibisyon zonu oluşturan materyal greyfurt uçucu yağı olmuştur. Bitki materyallerinin 2'li kombinasyonlarının en yüksek antibakteriyel etki gösterdiği Gram negatif bakteri, *S. Enteritidis* olurken 3'lü kombinasyonların en yüksek antibakteriyel etki gösterdiği Gram negatif bakteri ise *E. coli* O157:H7 olmuştur. Bu çalışmada tek başına antibakteriyel aktiviteye sahip olmayan materyallerin farklı sayıda kombinasyonlarının sinerjik etki oluşturabileceği ve bazı kombinasyonlarda da birbirlerini baskılayarak aktiviteyi düşürebildikleri gözlemlenmiştir. Yapılan toplam fenolik miktarı analizi sonucunda en çok toplam fenolik miktarı greyfurt uçucu yağında gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan bitki materyallerinin antibakteriyel aktivite sonuçları ile toplam fenolik miktarlarının sonuçları birbiri ile paralellik göstermektedir. Çalışma için seçilen 5 bitki materyali ve materyallerin 3'lü kombinasyonlarından 2 tanesi duyu analizi amacıyla köftele eklenmiştir. Panelistlerin renk, görünüş, koku, tat, tekstür ve genel beğeni değerlendirmeleri sonucunda kontrol köftesine en yakın kriterleri zeytin yaprağı ekstraktı içeren köftenin gösterdiği ve 3'lü kombinasyonların en düşük beğeni puanlarını aldığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Baharat, bitki materyali, propolis, antibakteriyel etki, sinerjik etki, köfte

INVESTIGATION OF THE ANTIMICROBIAL EFFECT OF VARIOUS HERBAL EXTRACTS AND COMBINATIONS IN MEATBALL

ABSTRACT

In this study, olive leaf extract, grapefruit essential oil, orange peel essential oil, rosemary essential oil, and propolis were used alone and in different combinations against *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Enteritidis, *E. coli* Biotype 1, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus*. The antibacterial activities of these materials were investigated using the disk diffusion method. Grapefruit essential

* Bu makale, Gülten Kolcuoğlu'nun Yüksek Lisans Tezinin özetidir. *This paper is summary of Gülten Kolcuoğlu's MSc Thesis*

** Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ gultenkolcuoglu@gmail.com

☎ (+90) 505 439 0099

Gülten Kolcuoğlu; ORCID no: 0000-0002-3694-8931

A. Kadir Halkman; ORCID no: 0000-0001-9987-0732

oil created the highest zone of inhibition against pathogens. The two-in-one combinations of plant materials had the highest antibacterial effect against *S. Enteritidis* while the triple combinations had the highest antibacterial effect against *E. coli* O157:H7 among the Gram-negative bacteria. It was observed that the combinations of different numbers of materials that did not have antibacterial activity alone created a synergistic effect, but this effect was reduced through the suppression of the activity of certain materials in some combinations. As a result of the analysis of total phenolic content, the highest total phenolic content was observed in grapefruit essential oil. The antibacterial activity results of the plant materials used in the study and the results concerning the total phenolic amounts were consistent. Five plant materials and two of the three combinations of materials selected for the study were added to the patties for a sensory analysis. As a result of the panelists' evaluations of the color, appearance, odor, taste, texture, and overall acceptability criteria, it was determined that the meatball samples containing olive leaf extract had the closest results with reference to the control patties, and the triple combinations received the lowest appreciation scores.

Keywords: Spices, plant extract, propolis, antimicrobial effect, synergistic effect, meatball

GİRİŞ

Gıdalara renk, tat, koku ve lezzet vermesi amacıyla çeşitli bitkilerin tohum, tomurcuk, çekirdek, kök, gövde, yaprak, meyve, çiçek, kabuk ve sap gibi kısımlarının kurutulup, bütün halde veya öğütülmesi ile elde edilen ürünlere baharat adı verilmektedir (Anonim, 2013). Botanik sınıflandırmada baharat, aromatik bitkilerin içerisinde yer alır ve tropik iklim kuşağındaki bölgelerde daha çok bulunurlar. Varoluşundan beri insanın vazgeçilmez temel beslenme kaynaklarından olan bitkilerin, farklı kısımları çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Anonim, 2013; Kapılan, 2015; Sales ve Pashazadeh, 2020).

Bitkilerin yararlı etkilerinden insanlar gibi arılar da faydalanmaktadır. Arılar bitkilerin yaprak, gövde ve tomurcuklarından topladıkları yararlı bileşikleri kendi salgılarıyla tepkimeye sokarak propolis adı verilen bir ürün oluştururlar (Anonim, 2003). Propolis, kovan içerisindeki arıları çeşitli patojen mikroorganizmalara karşı korur. Propolisin yararları insanlar tarafından keşfedildikten sonra yara iyileştirici, bağışıklık sağlayıcı ve gıda koruyucu olarak kullanılmaktadır (Soares de Arruda vd., 2020).

Antibakteriyel aktivite gösteren bitkilerdeki baskın aktif kimyasallar fenoliklerdir ve gıdalarda kullanım miktarı duyuşal özelliklere ve gıda bileşenine göre değişiklik göstermektedir (Ceylan ve Fung, 2004; Ríos ve Recio, 2005; Mendonca vd., 2018).

Aromatik bitkilerin çeşitli materyallerinden elde edilen ürünlerden biri de uçucu yağlardır (Solorzano-Santos ve Miranda-Novales, 2012). Uçucu yağların en yaygın elde edilme yöntemi su buharı ile damıtma yöntemidir, ancak çeşitli çözügenlerle ekstraksiyonu veya presleme yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır (Dikmetaş vd., 2019). Uçucu yağların elde edilme yöntemleri uçucu yağ bileşimini etkilemektedir (Gonza'lez-Mas vd., 2019).

Uçucu yağlar, oldukça farklı derişimlerde 20-100 bileşenin karışımlarıdır ve bazı bileşiklerin derişimi oldukça yüksek iken diğer bileşenler eser miktarlarda bulunabilir (Luciardi vd., 2019). Uçucu yağların antibakteriyel ve biyolojik aktivitelerinde yüksek derişimlerdeki ana bileşenler (terpenler, terpenoitler, aromatik halkalı moleküller) önemli bir rol oynar (Bakkali vd. 2008, Perricone vd. 2015). Ancak bazı durumlarda asıl biyolojik aktiviteye derişimi daha düşük olan bir bileşen de neden olabilir (Raut ve Karuppaiyl, 2014).

Antibakteriyel etki gösteren baharat ve bitki ekstraktlarının gıdalarda kullanım miktarı duyuşal özelliklere ve gıda bileşenine göre değişiklik gösterir, ancak bu miktar yaklaşık %0.05- 0.1 arasındadır (Ceylan ve Fung, 2004).

Bitkilerin gıda koruyucu olarak kullanılmasının önündeki temel engel, çoğu zaman tek başına yeterince etkili olmamaları ve antimikrobiyel etki sağlamaları için yeterli olan miktarlarının negatif duyuşal etkilere yol açmalarıdır. Birkaç ekstraktın

sinerjik etkisinden yararlanmak bu soruna bir çözüm olarak önerilmektedir (Hyldgaard vd., 2012; Smith, 2019). Sinerji, bileşiklerin ve/veya faktörlerin, birlikte uygulandıklarında tek tek uygulamaya göre aktiviteyi arttıracak şekilde etkileşmesidir. Bitki karışımlarındaki bileşiklerin sinerjistik aktiviteye sahip oldukları bildirilmiştir (Gyawali vd., 2015). Gıda sistemlerindeki baharat miktarı, her zaman antibakteriyel etki oluşturmak için yeterli olmasa da pH ve sıcaklık gibi faktörlerle birleştirildiğinde sinerjik olarak antibakteriyel aktivite gösterebilirler (Ceylan ve Fung, 2004; Ataman vd., 2019).

Zeytin yaprağı, oleuropein fenolik bileşiiği açısından zengin, antibakteriyel etkisi geniş, gıdalara eklendiği zaman meydana gelecek antibakteriyel aktiviteleri ve duysal özellik bakımından kabul edilebilirlik düzeyleri hakkında araştırmalara ihtiyaç olan bir bitki materyalidir (Thielman vd., 2017).

Propolis, bağışıklık güçlendirici, antioksidan ve antibakteriyel etkilerinden dolayı oldukça dikkat çeken bir bitki materyalidir fakat tadı ve aroması önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır (Pobiega vd., 2019). Propolisin tek başına kullanımının yanında gıdalara eklendiği zaman meydana gelecek antibakteriyel aktiviteleri ve duysal özellik bakımından kabul edilebilirlik düzeyleri hakkında da araştırmalara ihtiyaç vardır.

Çeşitli sektörlerde kullanılan turunçgil kabuklarının toplam fenolik içeriğinin soyulmuş meyveye oranla oldukça yüksek olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Gorinstein vd., 2001; Özdemir vd., 2014; Garrido vd., 2019). Turunçgil işleme yan ürünlerinin antibakteriyel aktiviteleri ve sağığa yararlı etkileri bakımından gıda uygulamalarında önemli bir potansiyel olduğu düşünölmektedir (Bora vd., 2020).

Biberiyenin çeşitli sağlık yararları, antimikrobiyel, antioksidan, antifungal ve insektisit aktiviteleri bulunmaktadır. Et ve et ürünlerinde çoğunlukla yaprağı kullanılan bitkilerden biridir (Kırpık 2005).

Bu çalışmada amaç zeytin yaprağı ekstresi, propolis, biberiye uçucu yağı, portakal uçucu yağı, greylfurt uçucu yağı, çeşitli bitki kaynaklı materyallerin, gıda kaynaklı hastalıklara neden olan belirli patojenlere karşı antibakteriyel etkisini tek başlarına ve kombinasyonlar halinde belirlemek ile güçlü etki gösterenlerin köftede duysal kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada 4 bitkisel ekstrakt ve propolisin, gıdalarda bulunan 4 temel patojen ve 1 indikatör bakteri üzerinde antibakteriyel etkisi araştırılmıştır.

Biberiye uçucu yağı (BUY), portakal kabuğu uçucu yağı (PUY) ve greylfurt uçucu yağı (GUY) Balen (Ankara) firmasından, zeytin yaprağı ekstresi (ZYE) Anti (Ankara) firmasından, propolis (PRP) Bee'o (İstanbul) firmasından sağlanmıştir. Hazır olarak temin edilen uçucu yağlardan BUY ve GUY'nın damıtma yöntemiyle, PUY'nın ise presleme yöntemiyle elde edildiği bildirilmiştir. ZYE, toz olarak sağlanmış ve kaynar su ile 1:9 oranında çözöldükten sonra 40 °C'ta ultrasonik banyoda 1 saat ekstrakte edilmiştir. Propolisin %30'luk etanollü ekstraktı tercih edilmiştir. Uçucu yağlar ve propolis herhangi bir seyreltme işlemine uğratılmamıştır.

Bu çalışmada, Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Mikrobiyolojisi Laboratuvarı kültür koleksiyonundan sağlanan *Escherichia coli* O157:H7, *E. coli* Biyotip 1, *Salmonella* Enteritidis, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* test bakterileri olarak kullanılmıştir. Denemelerde kullanılan bu bakteriler, Trypticase Soy (CASO) Broth (Merck) besiyeri kullanılarak 37 °C'ta 24 saat inkübe edilerek aktifleştirilmiştir (Bauer vd., 1966).

Yöntem

Kullanılan besiyerleri ve çözöltülerin hazırlanması

Bakterilerin geliştirilmesi ve stok kültür hazırlanması için CASO Broth (Merck), antibakteriyel aktivitenin belirlenmesinde kullanılan disk difüzyon yöntemi için Mueller

Hinton Agar (MHA) (Merck), uçucu yağların toplam fenolik madde tayini için Folin-Ciocalteu reaktifi (Merck) ve Na₂CO₃ (Merck) kullanılmıştır (Moisa vd., 2018).

Antibakteriyel aktivitenin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan beş materyalin, beş bakteriye karşı olan baskılayıcı etkisi tek başlarına ve sinerjik etkinin belirlenebilmesi amacıyla ikili, üçlü, dördü ve beşli kombinasyonlar olarak denenmiştir. Çalışmanın bu aşamasında amaç sadece durum tespiti olduğu için tek tekrür ile çalışılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, araştırmanın izleyen aşamalarında değerlendirilmiş, materyallerin antibakteriyel aktiviteleri tek başlarına ve iki adet üçlü kombinasyon halinde ve bu kez üç tekrürlü olarak belirlenmiştir.

Antibakteriyel etki zon çapı, disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Besiyeri hazırlama yönergesine göre hazırlanan MHA, eritilip 15 mL olacak şekilde tüplere dağıtıldıktan sonra 121 °C'ta 15 dk otoklavlanarak sterilize edilmiştir. Otoklav sonrası besiyeri uygun sıcaklığa (~40 °C) geldiğinde 100 µL aktif test bakteri kültürü inoküle edilip, yeterince vortekslenip Petri kutularına dökülmüştür. Besiyeri oda sıcaklığında 5-10 dakika kurutulmaya bırakıldıktan sonra steril kâğıt diskler (Oxoid) Petri kutusuna yeterli ölçüm sağlayacak aralıklarla yerleştirilmiş ve diskler üzerine 5 µL antibakteriyel materyal damlatılıp 37 °C'ta 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyon sonucunda materyalin antibakteriyel etki zon çapları verniyeli kumpas ile ölçülmüştür. Disklerin etrafında oluşan zonlardan düzgün olanlar tek noktadan, düzgün olmayan zonlarda ise 3 farklı eksende ölçüm yapılmış ve bu 3 değerın ortalaması inhibisyon çapı olarak hesaplanmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı tayini

ZYE, BUY, PUY, GUY ve PRP'in toplam fenolik madde miktarı, Moisa ve arkadaşlarının belirledikleri yöntemde birkaç değişiklik uygulanarak spektrofotometrik analiz ile Folin-Ciocalteu (FC) prosedürü kullanılarak belirlenmiştir (Moisa vd., 2018). Materyaller damıtık su ile 25 kat (h:h) seyreltilmiştir. Test tüpüne 100 uL seyreltilmiş materyal ilave

edildikten sonra üzerine 500 µL FC, 2 mL (%20) Na₂CO₃ ve 5 mL damıtık su aktarılmıştır. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 90 dakika inkübe edildikten sonra ölçümler, kuvars küvetler kullanılarak $\lambda = 765$ nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Referans standart eğrisi, gallik asit standart alınarak 0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 500 mg/L konsantrasyonlarda kurveler çizilmesiyle elde edilmiştir ve uçucu yağların toplam fenol madde miktarı, gallik asit eşdeğeri (mg GAE/L) olarak verilmiştir. Bu aşamada tüm deneyler 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Köftenin hazırlanması

Yerel bir kasaptan 1 kg orta yağlı dana eti temin edilip kıyma makinesinde çektilmiş ve ardından soğuk zincirle laboratuvara getirilmiştir. Baharat olarak piyasada bulunan farklı marka köfte harçları arasında, içinde en az bileşen olanı seçilmiş ve üretici firmanın tarifine uygun olarak kıymaya katılmış ve karıştırılmıştır. Köfte rastgele sekiz eşit parçaya bölünmüştür. Kontrol grup ayrıldıktan sonra kalan yedi gruba %0.05 oranında sırasıyla ZYE, PRP, GUY, PUY, BUY, ZYE+GUY+BUY karışımı ve PRP+GUY+BUY karışımı eklenmiştir. Hazırlanan köfte karışımı 50±0.5 g tartularak gruplara ayrılmış, ardından elle yassılaştırılarak şekil verilmiş ve ızgarada pişirilmiştir.

Duyusal analiz

Köftelerde pişirme sonrası duyusal değerlendirme, havalandırılmış ve ışıklandırılmış bir odada onbir kişilik bir panelist grubu ile gerçekleştirilmiştir. Panelistlere örnekler rastgele sıralama yapılarak sunulmuş, değerlendirme esnasında bir önceki örneğin ağızda kalan tadını gidermek amacıyla su içilmesi ve ekmek yenmesi gerektiği bildirilmiştir. Duyusal analizde panelistler pişmiş örneklerin kalite özelliklerindeki farklılıkları renk, görünüş, koku, tat, tekstür ve genel beğeni kriterleri üzerinden değerlendirmişlerdir. Değerlendirme için 9'lu hedonik skala tercih edilmiştir (İlhan, 2010). Buna göre, renk: hoşta gider tipik köfte rengi; görünüş: köfte bütünlüğü, parçalanmama durumu; koku: tipik köfte kokusu; tat: tipik köfte tadı; tekstür: köftede sertlik, yapışkanlık ve çiğnenabilirlik

durumu ve genel beğeni: tüm kriterler dikkate alınarak yapılan değerlendirme olmak üzere köfteler 1-9 arasında puanlanmıştır. Bu puanlama, 1: tüketilemez; 2: çok kötü; 3: kötü; 4: biraz kötü; 5: ne iyi ne kötü; 6: biraz iyi 7: iyi 8: çok iyi 9: oldukça iyi şeklinde yapılmıştır.

İstatiksel Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi IBM SPSS Statistics 24.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Grup ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığı tek yönlü Varyans Analiz Tekniği (ANOVA) ile araştırılmıştır. Anlamlı farklılık olduğu durumlarda farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığı LSD (Asgari Önemli Fark) testi ile araştırılmıştır ($P<0.05$).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

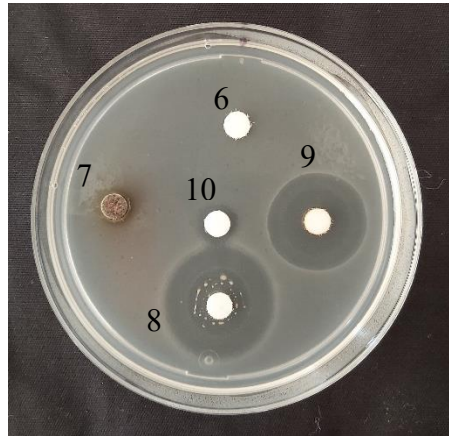
Antibakteriyel Etki; Birinci Aşama

Materyallerin *E. coli* O157:H7, *S. Enteritidis*, *E. coli* Biyotip 1, *L. monocytogenes* ve *S. aureus*'a karşı tek başlarına ve kombinasyon halinde gösterdikleri antibakteriyel etkiler sonucunda ölçülen inhibisyon zonları çizelge 1'de ve örnek olmak üzere *E. coli* O157:H7'ye karşı

antibakteriyel etkileri sonucunda ölçülen inhibisyon zonları şekil 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde en yüksek antibakteriyel etkinin 33.04 mm zon çapı ile inhibisyonun en yüksek olduğu değerin tek başına GUY'nın *S. aureus* üzerindeki etkisi olduğu ve yine GUY'nın, tek başına *E. coli* Tip 1 üzerinde 29.77 mm zon çapı ile ikinci sırada olduğu görülmektedir. Tek başına GUY, *E. coli* O157 ve *L. monocytogenes* üzerinde de etki göstermiş, ancak, *S. Enteritidis* üzerine etki yapamamıştır. Tek başına ZYE ve PUY sadece *S. aureus* üzerinde etkili olmuştur.

Bu çalışmada test bakterilerinin Gram reaksiyonlarının kullanılan materyale karşı önemli olmadığı bulunmuştur. Literatürde Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerin bitkisel ekstraktlardan ve propolisten farklı şekillerde etkilendikleri ya da bakterilerin Gram reaksiyonlarının önemli olmadığı şeklinde farklı bulgular mevcuttur (Tolosa ve Canizares, 2002; Markin vd., 2003; Burt, 2004; Schelz ve ark, 2006; Pereira vd., 2007; Kırbaslar ve ark., 2009; Korukluoğlu vd., 2010; Temiz vd., 2011; Wagh, 2013, Geraci ve ark., 2016; Gökmen vd., 2016; Değirmencioğlu vd., 2019 Deng ve ark., 2020).



Şekil 1. Bitki materyallerinin ikili kombinasyonlarının bazılarının *E. coli* O157:H7'ye karşı antibakteriyel etkileri sonucunda ölçülen inhibisyon zonları

Figure 1. Some double combinations's inhibitory effect against to *E. coli* O157:H7

6: PRP+PUY; 7: PRP+BUY; 8: GUY+PUY; 9: GUY+BUY; 10: PUY+BUY.

Lejantlar için bakınız Çizelge 1.

6: PRP+PUY; 7: PRP+BUY; 8: GUY+PUY; 9: GUY+BUY; 10: PUY+BUY.

For legends, see table 1.

Çizelge 1. Materyalin antibakteriyel etkisi; Birinci değerlendirme
Table 1. Antibacterial effect of material; First evaluation

Materyal* Material	Zon çapı (mm)** Zone diameter (mm)**				
	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Enteritidis	<i>E. coli</i> Tip 1	<i>S. aureus</i>	<i>L.</i> <i>monocytogenes</i>
Kombinasyonsuz / No combination					
ZYE	6.00	6.00	6.00	10.21	6.00
PRP	6.00	6.00	6.00	12.69	15.61
GUY	10.36	6.00	29.77	33.04	18.55
PUY	6.00	6.00	6.00	7.79	6.00
BUY	13.12	10.49	11.13	13.04	6.00
İkili kombinasyon / Double combination					
ZYE+PRP	6.00	6.00	6.00	12.43	9.85
ZYE+GUY	6.00	19.01	6.00	24.30	10.14
ZYE+PUY	6.00	6.00	6.00	12.05	6.00
ZYE+BUY	11.33	10.11	6.00	10.73	6.00
PRP+GUY	6.00	13.21	6.00	21.87	12.75
PRP+PUY	6.00	6.00	6.00	14.45	6.00
PRP+BUY	6.00	6.00	6.00	12.7	13.18
GUY+PUY	28.20	6.00	6.00	6.00	12.37
GUY+BUY	23.96	9.79	21.47	6.00	12.57
PUY+BUY	9.54	8.26	9.33	6.00	6.00
Üçlü kombinasyon / Triple combination					
ZYE+PRP+GUY	21.23	6.00	9.97	21.29	12.11
ZYE+PRP+PUY	9.01	6.00	6.00	12.11	10.56
ZYE+PRP+BUY	10.66	6.00	6.00	10.29	8.65
PRP+GUY+PUY	18.87	6.00	6.00	18.11	8.33
PRP+GUY+BUY	29.39	6.00	6.00	20.43	12.27
ZYE+GUY+PUY	20.66	6.00	13.45	22.26	6.00
PRP+PUY+BUY	9.58	6.00	6.00	12.74	12.24
GUY+PUY+BUY	25.94	9.76	18.92	20.79	10.42
ZYE+GUY+BUY	24.78	8.05	20.79	30.7	9.65
ZYE+PUY +BUY	10.46	9.20	6.00	16.24	6.00
Dörtlü kombinasyon / Combination of four					
ZYE+PRP+GUY+PUY	22.14	13.05	6.00	16.76	12.36
ZYE+PRP+GUY+BUY	22.71	16.33	15.14	14.96	14.11
PRP+GUY+ PUY+BUY	18.44	14.77	6.00	18.92	15.8
ZYE+GUY+PUY +BUY	16.03	12.85	6.00	17.52	6.00
ZYE+PRP+PUY +BUY	6.00	9.94	6.00	11.93	12.42
Beşli kombinasyon / Combination of five					
ZYE+PRP+GUY+ PUY +BUY	15.94	15.28	6.00	17.16	6.00

*ZYE: Zeytin yaprağı ekstresi, PRP: propolis, GUY: greyfurt uçucu yağı, PUY: portakal kabuğu uçucu yağı, BUY: biberiye uçucu yağı

*ZYE: Olive leaf extract, PRP: propolis, GUY: grapefruit essential oil, PUY: orange peel essential oil, BUY: rosemary essential oil

**Ölçülen inhibisyon zon çaplarına 6 mm'lik disk çapı dâhildir

** The measured inhibition zone diameters include 6 mm disc diameters

Tek tekerrürlü olarak yapılan bu aşamada asıl beklenen etkinin, kombinasyonlardaki sinerjik etki olmasıdır. Ancak, beklenenden çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, *E. coli* O157:H7 üzerine ZYE ve PRP etkili değilken ZYE+PRP ikili kombinasyonu da etkili olmamıştır. Bu bakteri üzerine tek başına GUY 10.36 mm zon çapı etki gösterirken ZYE+GUY kombinasyonu etkisiz olmuştur. Bir diğer deyişle bu kombinasyonda ZYE, GUY'nın baskılayıcı etkisini ortadan kaldırmıştır. Tersine olarak yine *E. coli* O157:H7 üzerine tek başına GUY 10.36 mm ve PUY 6.00 mm (etkisiz) zon çapı vermiş iken GUY+PUY kombinasyonu 28.20 mm inhibisyon zonu ile net bir sinerjetik etki göstermiştir. Benzer sinerjetik etki GUY+BUY kombinasyonunda da görülmektedir.

Oldukça dikkat çekici olmak üzere *S. aureus* üzerine en yüksek inhibisyon zonu veren GUY'nın, PUY ile kombinasyonunda inhibisyon etkisinin ortadan kalkmasıdır. Benzer sonuçlar

GUY+BUY ve PUY+BUY kombinasyonlarında da alınmıştır.

Benzer beklenmedik sonuçlar, üçlü, dörtlü ve beşli kombinasyonlarda da alınmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde farklı bakterilerin, farklı inhibitörlerden, farklı kombinasyonlarda farklı etkilendiği görülmektedir.

Yine çizelge 1 incelendiğinde genel olarak *E. coli* Tip 1'in tüm denemelerde en dirençli ve *S. aureus*'un en duyarlı bakteri olduğu görülmektedir.

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Spektrofotometrik analiz ile Folin-Ciocalteu (FC) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen ZYE, BUY, PUY, GUY ve PRP'in gallik asit standart alınarak 0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 500 mg/L derişimlerde çizilen kurveyle elde edilen toplam fenolik madde miktarının sonuçları çizelge 2'de verilmiştir. PRP, kullanılan yöntemle yanıt vermemiştir.

Çizelge 2. Materyallerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/L)

Table 2. Total phenolic content of material (mg GAE/L)

Materyal Material	ZYE	BUY	PUY	GUY	PRP
Toplam Fenolik Madde Miktarı Total phenolic content	543.0	618.0	310.8	641.9	0.0

Lejantlar için bakınız Çizelge 1.

For legends, see Table 1.

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, fenolik madde en yüksek materyal 641.9 mg GAE/L ile GUY'dır. GUY'nı 618.0 mg GAE/L ile BUY izlemektedir. BUY antibakteriyel etki açısından da tek başına etkili olmuştur. Ancak, fenolik madde açısından üçüncü sırada yer alan ZYE, PUY ile birlikte tek başına en zayıf antibakteriyel etki gösteren iki materyalden birisi olması dikkat çekicidir. Bu araştırmanın bulguları, fenolik madde içeriği ile antibakteriyel etki arasında yüksek bir korelasyon olduğunu kanıtlamamaktadır.

Başka araştırmaların fenolik bileşik miktarları ve antimikrobiyel aktivite bulguları da kendi içlerinde tam uyumlu değildir. Bu uyumsuzluk, bitki çeşidi, bitkinin yetiştirildiği bölge, mevsimsel farklılıklar, ekstraksiyon yöntemi, toplam fenolik madde

miktarı, fenolik bileşim, kullanılan mikroorganizmaların tür ve suş farklılıkları gibi çeşitli sebeplerden kaynaklanabilmektedir. Fenolik maddelerin antimikrobiyel aktivitelerini proteinler, lipitler, tuzlar, pH ve sıcaklık gibi çeşitli faktörler de etkilemektedir (Sağdıç 2003).

Antibakteriyel Etki; İkinci Aşama

Tek başlarına ve kombinasyonlar halinde 5 test bakterisine karşı inhibisyon etkiler, fenolik madde içeriği ile birlikte değerlendirilerek köftede tek başlarına 5 materyal ile PRP+GUY+BUY ve ZYE+GUY+BUY olmak üzere 2 kombinasyon denenmesine karar verilmiş ve devamında 3 tekerrürlü olmak üzere inhibisyon etki kontrol edilmiştir. Bulgular çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Materyalin antibakteriyel etkisi; İkinci değerlendirme*
Table 3. Antibacterial effect of material; Second evaluation*

Materyal Material	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Enteritidis	<i>E. coli</i> Biyotip 1	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Kontrol / Control	6.00±0.00 ^c	6.00±0.00 ^b	6.00±0.00 ^d	6.00±0.00 ^d	6.00±0.00 ^d
ZYE	6.00±0.00 ^c	6.00±0.00 ^b	6.00±0.00 ^d	10.85±0.32 ^{cd}	6.00±0.00 ^d
PRP	6.00±0.00 ^c	6.00±0.00 ^b	6.00±0.00 ^d	12.94±0.53 ^{bcd}	16.07±0.28 ^{ab}
GUY	9.62±0.41 ^{bc}	6.00±0.00 ^b	29.45±0.43 ^a	32.34±1.20 ^a	18.38±0.71 ^a
PUY	6.00±0.00 ^c	6.00±0.00 ^b	6.00±0.00 ^d	7.26±0.63 ^d	6.00±0.00 ^d
BUY	15.39±0.67 ^{ab}	10.89±0.66 ^a	11.17±0.23 ^{bc}	12.60±0.27 ^{bcd}	6.00±0.00 ^d
PRP+GUY+BUY	28.98±0.20 ^a	6.63±0.63 ^b	7.66±0.33 ^{cd}	19.73±0.57 ^{abc}	11.35±0.46 ^{bc}
ZYE+GUY+BUY	24.28±0.32 ^a	8.68±0.56 ^{ab}	20.62±0.16 ^{ab}	29.26±1.10 ^{ab}	9.21±0.61 ^{cd}

*Ortalama ± standart hata

^{a-b-c}: Sütunlar içerisinde farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($P < 0.05$).

**Ölçülen inhibisyon zon çaplarına 6 mm'lik disk çapı dâhildir

Lejantlar için bakınız Çizelge 1.

* Mean ± standard error

^{a-b-c}: Mean values with different lowercase superscripts indicate statistical differences between columns ($P < 0.05$).

** The measured inhibition zone diameters include 6 mm disc diameters

For legends, see Table 1.

Çizelge 3'ten izleneceği gibi tek başına GUY'nın *S. aureus* ve *E. coli* Biyotip 1'e karşı inhibisyon etkisinin en yüksek etkiler olduğu, genelde denenen materyale karşı en yüksek direnç gösteren *E. coli* O157:H7 serotipinin, üçlü kombinasyonlardan ciddi şekilde etkilendiği görülmektedir. 3 tekerrürlü yapılan bu deneme ile tek tekerrürlü yapılan ilk deneme sonuçları

(çizelge 1) beraberce incelendiğinde sonuçların birbirlerine çok benzer olduğu görülmektedir.

Duyusal Analiz

%0.5 oranında farklı materyaller ve kombinasyonları ile hazırlanan köftelerin kalite özelliklerindeki farklılıklar 11 panelist tarafından renk, görünüş, koku, tat, tekstür ve genel beğeni kriterleri üzerinden belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı materyaller ve kombinasyonları ile formüle edilen köftelerin duyusal değerlendirme puanları (n=11)*

Table 4. Sensory evaluation scores of meatballs formulated with different materials and combinations (n=11)*

Köfte / Meatball	Renk / Color	Görünüş / Appearance	Koku / Odor	Tat / Taste	Tekstür / Texture	Genel Beğeni / Overall acceptance
Kontrol / Control	7.63±0.30 ^a	7.54±0.24 ^a	7.45±0.31 ^a	7.45±0.38 ^a	7.36±0.36 ^a	7.18±0.50 ^a
ZYE	7.27±0.27 ^a	7.00±0.30 ^a	6.72±0.40 ^a	6.63±0.41 ^a	6.72±0.35 ^a	6.54±0.45 ^a
PRP	7.45±0.28 ^a	6.90±0.28 ^a	5.63±0.33 ^{ab}	5.45±0.43 ^{ab}	6.18±0.37 ^a	5.18±0.55 ^{ab}
GUY	7.45±0.31 ^a	7.27±0.27 ^a	4.90±0.51 ^{bc}	3.81±0.55 ^{bc}	6.00±0.48 ^a	4.18±0.35 ^{bc}
PUY	7.45±0.24 ^a	7.00±0.23 ^a	5.72±0.38 ^{ab}	4.54±0.45 ^{ab}	6.27±0.42 ^a	5.00±0.38 ^{ab}
BUY	7.45±0.36 ^a	7.18±0.18 ^a	5.45±0.51 ^{ab}	3.72±0.58 ^{bc}	6.27±0.44 ^a	4.45±0.54 ^{bc}
PRP+GUY+BUY	7.00±0.35 ^a	6.36±0.30 ^a	3.81±0.48 ^c	2.54±0.51 ^c	5.45±0.45 ^a	3.27±0.38 ^c
ZYE+GUY+BUY	6.90±0.34 ^a	6.72±0.33 ^a	3.63±0.45 ^c	2.36±0.54 ^c	6.09±0.41 ^a	3.00±0.38 ^c

*Ortalama±standart hata

^{a-b-c}: Sütunlar içerisinde farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark, istatistik olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Lejantlar için bakınız Çizelge 1.

* Mean ± standard error

^{a-b-c}: Mean values with different lowercase superscripts indicate statistical differences between columns ($P < 0.05$).

For legends, see table 1.

Çizelge 4 incelendiğinde, kontrol (hiçbir deneme materyali eklenmemiş) köftenin dahi 9 tam puan üzerinden 8 ve altında olduğu görölmektedir. Bu düşük puanlama, muhtemelen köfte yapımında kullanılan ticari köfte harcının panelistler tarafından benimsenmemesinden kaynaklanmaktadır.

Yapılan duysal değerlendirmede köfteler arasında renk, görünüş ve tekstür açısından fark görölmemiş, ancak koku ve tattaki farklar genel beğeniye de yansımıştır. Kontrol dâhil 8 köfte arasında koku, tat ve genel beğeni puanı en düşük olan köfteler sırasıyla ZYE+GUY+BUY ve PRP+GUY+BUY olmuştur. Bir diğer deyiş ile panelistler, kombinasyonlu köfteleri beğenmemişlerdir.

Bu çalışmadaki en beklenmedik sonuç, test bakterilerine karşı inhibisyon etki ile duysal test sonuçları arasındaki uyumsuzluktur. Örneğin tekli kombinasyonlar içinde GUY, *S. Enteritidis* dışındaki test bakterilerine karşı kuvvetli inhibitör etki yaparken, duysal değerlendirmesinde en düşük genel beğeni almıştır.

Gökmen ve arkadaşları (2016), farklı oranlarda zeytin yaprağı ekstraktının köfteye eklenmesinin duysal yönden herhangi bir olumsuzluk oluşturmadığını bildirmişlerdir. Duysal analiz sonucunda kontrol grubuna koku, tat, tekstür ve genel beğeni parametrelerinde en yakın örneğin ZYE içeren köfte olması bu sonucu doğrulamıştır.

Yıldız (2019), farklı konsantrasyonlardaki limon, portakal ve bergamot gibi turunçgil kabuk yağlarının gökkuşadı alabalığı filetolarına eklenmesinin duysal yönden etkisini incelemiştir. Kullanılan uçucu yağlar arasında en çok bergamot uçucu yağı eklenmiş gökkuşadı alabalığı filetosunun beğenildiği, genel anlamda uçucu yağların balıkta alışılmadık bir lezzet ve koku oluşturmasından kaynaklı genel kabul edilebilirlik açısından tercihin düşük olduğunu bildirmiştir. Gerçekleştirilen duysal analiz sonucunda uçucu yağların özelliklerinin daha baskın olmasından kaynaklı ZYE içeren köftelerin kontrol örneğine daha yakın bulunduğu düşünölmektedir.

Gök ve Bor (2012), zeytin yaprağı, yaban mersini ve hünnap ekstraktlarının köfteye eklenmesinin duysal yönden değerlendirilmesi sonucunda, en çok yaban mersini ekstresi içeren köftelerin beğenildiğini fakat ekstraktların genel kabul edilebilirlik açısından herhangi bir olumsuzluk oluşturmadığını bildirmişlerdir.

İlhan (2010), biberiye uçucu yağını dana kırıntı etinin farklı oranlarda kullanılmasıyla formüle edilen hamburger köftelerine eklemiştir. Çalışmanın duysal analizinde biberiye uçucu yağının yüksek puan almadığını ve bunun nedeni olarak da biberiyenin keskin ve belirgin aromaya sahip olması ile et ve et ürünlerinde biberiye kullanımının Türk mutfağında yaygın olmamasına bağlı olduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmada da biberiye koku, tat ve genel beğeni değerlendirmelerinde düşük puan almıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen inhibisyon etki, literatürdeki kimi bulgularla örtüşürken kimileri ile örtüşmemiştir. Bunun nedeni literatür verileri arasındaki farklılardan kaynaklanmaktadır. Literatürdeki her bulgu, kendi içinde doğrudur, ancak denemelerde kullanılan ekstraktlar ve uçucu yağların elde edildiği bitkisel materyalden kaynaklanan muhtemel fitokimyasal farklılıklardan gelmektedir. Örneğin, portakal uçucu yağı elde etmek için kullanılan portakalın yetiştirildiği coğrafya, iklim koşulları, gübreleme ve sulama, çeşit farklılıkları vb. faktörlerin uçucu yağ bileşimine etkili olacağı açıktır ve bu farklılıklar propolis için de geçerlidir. Bu durum gerek bitkisel gerek hayvansal tüm tarımsal üretimde geçerlidir. Her ne kadar salça üretiminde olduğu gibi standart kalitede ürün elde etmek için çiftçi ile yapılan sözleşmeli ekim ile standart kalitede domates elde edilebilse de tarıma dayalı sanayilerde bu standart kalitenin her zaman sağlanması mümkün değildir. Basit bir örnekle, mikrobiyolojide kullanılan agarlı besiyerlerinin bileşimi ISO tarafından tanımlanırken agar dışında tüm bileşenlerin derişimi çok kesin iken agar derişimi, agarın jelleşme gücüne bağlı olarak 9-18 g/L gibi oldukça farklı bir sınırdadır. Literatürde farklı sonuçların bir

diğer önemli nedeni de test bakterilerinin suş farklılığıdır.

Bu araştırmanın ana hedefi, ticari köfte harcına katılacak çeşitli ekstraktlar ve uçucu yağlar ve propolis ile hazırlanacak köftelerin, pişirilmeden önce buzdolabı sıcaklığında raf ömrünün uzatılması olması iken bu hedefe ulaşamamış ve raf ömrü denemeleri yapılmasından vazgeçilmiştir. Bunun temel nedeni, inhibisyon etki ile duyuşal değerlendirme arasında yeterli ilişki görülmemiş olmasıdır.

Genel kabul görüldüğü şekliyle, bitkisel ekstraktlar ve uçucu yağların antimikrobiyel etkisi, fenoliklerin derişimi ile ilişkilidir. Bu çalışmada bu genel görüşü destekleyen sonuçlar alınmamıştır.

Yine bu çalışmada beklenen sinerjik etki her kombinasyonda görülmediği gibi bazı kombinasyonlarda tersine sonuçlar da alınmıştır. Devamında, literatürde verilen Gram pozitif ve negatif bakterilere karşı inhibisyon etkide bir uyum görülmemiştir.

Bu çalışmanın hedefleri arasında Türk damak tadına uygun bir ticari köfte harcı hazırlamak yoktur. Daha öncesinde de Türk damak tadına uyan peynir ve sucuk gibi ürünlerde duyuşal analizler yapılmıştır. Öncelikle Türk damak tadına uygun herhangi bir gıdanın olmadığı ve olamayacağı kabul edilmelidir. Türkiye gibi doğusu ve batısı ile güneyi ve kuzeyi gibi çok farklı coğrafyaya ve dolayısıyla çok farklı beslenme alışkanlıklarına sahip bir toplumda, reklam dayatmaları sonucunda ABD kaynaklı hamburger ve gazlı içeceğin tek ortak kabul gören beslenme çeşidi olduğu muhtemelen söylenebilmektedir.

Hal böyle iken bu çalışmada da yapılan duyuşal analizlerin de Türk damak tadına yönelik bir genel bulgusu olamamaktadır. Nitekim kontrol olarak panelistlere sunulan köftenin genel değerlendirme puanı 9'lu hedonik skalada 7 puan almıştır. Ancak, elde edilen bulgular reddedilmemekte ve küçümsenmemektedir. Tam tersine olarak bu konu üzerine üniversite-sanayi iş birliğinin önemine dikkat çekilmektedir.

Bu makalede elde edilen tüm olumsuz bulgular açık bir şekilde sunulmuştur. Tarafımızın değerlendirme bakışı altında bu çalışma, başarısız olarak değerlendirilmemekte hatta daha sonra yapılacak benzer çalışmalara yol gösterici olduğu için çok başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi sonunda ileride yapılacak benzer çalışmalar için şunlar önerilmektedir:

Tüm tarımsal üretim ürünü her türlü ekstrakt ve uçucu yağların antimikrobiyel etkisinin araştırılacağı çalışmalarda hedef öncelikle belirlenmelidir. Hedef, gıda sanayisinde katkı olarak değerlendirmek ise her şeyden önce genel tüketici kabulü olmalıdır.

Fenoliklerin derişimi ile antimikrobiyel etki arasındaki korelasyon ciddi bir şekilde araştırılmalıdır.

Konu, sadece bireysel küçük araştırmalar yerine multidisipliner ölçüde üniversiteler, kamu araştırma kuruluşları ve sanayi ile ortak büyük bir proje kapsamında araştırılmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu çalışmada başka kişi ya da kurum ve kuruluşlar ile bir çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

YAZAR KATKILARI

Kadir Halkman, araştırmanın planlamasını yapmış, Gülten Kolcuoğlu laboratuvar çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Yazarlar, makaleyi beraberce yayına hazırlamışlardır.

KAYNAKLAR

Anonim. (2003). Arıcılık- Arı Tutkalı (Propolis) Standardı. TS 12910. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim. (2013). Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği. Tebliğ No: 2013/12.

Ataman, P., Halkman A. K., Akpınar, M. (2019). Gıda Güvenliği, Gıda Mikrobiyolojisi. Halkman, A. K. (ed), Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd., 427-442, Ankara.

- Bakkali, F., Averbek, S., Averbek, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils- A review. *Food Chem Toxicol*, 46, 446-475, doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am J Clin Pathol*, 45(4), 493-496, doi: 10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- Bora, H., Kamle, M., Mahato, D. K., Tiwari, P., Kumar, P. (2020). Citrus Essential Oils (CEOs) and their applications in food: An Overview. *Plants*, 9(3), 1-25, doi: 10.3390/plants9030357
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antimicrobial properties and potential applications in foods: A review. *Int J Food Microbiol*, 94, 223-253, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
- Ceylan, E., Fung, D. Y. C. (2004). Antimicrobial activity of spices. *J Rapid Meth Ant Mic*, 12, 1-55.
- Değirmencioglu, H. T., Güzelmeriç, E., Yüksel, P. I., Kırmızıbekmez, H., Deniz, İ., Yeşilada, E. (2019). A new type of Anatolian propolis: Evaluation of its chemical composition, activity profile and botanical origin. *Chem & Biodivers*, 16(12), 1-32, doi: 10.1002/cbdv.201900492
- Deng, W., Liu K., Cao, S., Sun, J., Zhong, B., Chun, J. (2020). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant, and antiproliferative properties of grapefruit essential oil prepared by molecular distillation. *Molecules*, 25, 217, doi: 10.3390/molecules25010217
- Dikmetaş, D. N., Konuşur, G., İngök, A. M., Gülsünoğlu, Z., Güler, F. K. (2019). Portakal (*Citrus sinensis*) kabuğundan elde edilen hidrosol/esansiyel yağların antibakteriyel ve antioksidan özellikleri. *Düzce Üniv Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 274-283.
- Garrido, G., Chou, W. H., Vega, C., Goity, L., Valdés, M. (2019). Influence of extraction methods on fatty acid composition, total phenolic content and antioxidant capacity of Citrus seed oils from the Atacama Desert, Chile. *J Pharm & Pharmacog Res*, 7(6), 389-407.
- Geraci, A., Di Stefano, V., Di Martino, E., Schillaci, D., Schicchi, R. (2016). Essential oil components of orange peels and antimicrobial activity. *Nat Prod Res*, 1-7, doi: 10.1080/14786419.2016.1219860
- González-Mas, M. C., Rambla, J. L., López-Gresa, M. P., Blázquez, M. A., Granell, A. (2019). Volatile compounds in citrus essential oils: a comprehensive review. *Front Plant Sci*, 10, 1-18, doi: 10.3389/fpls.2019.00012
- Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y., Haruenkit, R., Lojek, A., Ciz, M., Caspi, A., Libman, I., Trakhtenberg, S. (2001). Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chem*, 74, 309-315.
- Gök, V., Bor, Y. (2012). Effect of olive leaf, blueberry and *Zizyphus jujuba* extracts on the quality and shelf life of meatball during storage. *J Food Agric Env*, 10(2), 190-195.
- Gökmen, M., Akkaya, L., Kara, R., Gök, V., Önen, A., Ektik, N. (2016). Zeytin yaprağı ekstraktı ilavesinin köftelerde *S. Typhimurium*, *E. coli O157* ve *S. aureus* gelişimi üzerine etkisi, *Akademik Gıda*, 14(1), 28-32.
- Gyawali, R., Hayek, S. A., Ibrahim, S. A. (2015). Plant extracts as antimicrobials in food products: mechanisms of action, extraction methods, and applications, Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality. Taylor, T. M. (eds), *Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier*, 49-68, doi: 10.1016/B978-1-78242-034-7.00003-7
- Hylgaard, M., Mygind, T., Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front Microbiol*, 3, 1-24, doi: 10.3389/fmicb.2012.00012
- İlhan, E. (2010). Farklı oranlarda dana kıvrıtı eti ile formüle edilmiş hamburger köftelerinde biberiye ekstraktı ilavesinin depolama stabilitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 68, Ankara.
- Kapilan, R. (2015). Determination of antibacterial activity of some important spices. *Int J Res-Granthaalayah*, 3(10), 57-64, doi: 10.29121/granthaalayah.v3.i10.2015.2932

- Kırbaşlar, F. G., Tavman, A., Dülger, B., Türker, G. (2009). Antimicrobial activity of Turkish Citrus Peel Oils. *Pak J Bot*, 41(6), 3207-3212.
- Kırpık, M. (2005). Çukurova bölgesi kıraç ve taban arazi koşullarında yetiştirilen biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 112, Adana.
- Korukluoğlu, M., Şahan, Y., Yiğit, A., Özer, E. T., Gücer, Ş. (2010). Antibacterial activity and chemical constitutions of *Olea europaea* L. leaf extracts. *J Food Process Preservation*, 34, 383-396, doi: 10.1111/j.1745-4549.2008.00318.x
- Luciardi, M. C., Blázquez, M. A., Alberto, M. R., Cartagena, E., Arena, M. E. (2019). Grapefruit essential oils inhibit quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa*. *Food Sci Technol Int*, 26(3), 231–241, doi: 10.1177/1082013219883465
- Markin, D., Duek, L., Berdicevsky, I. (2003). In vitro antimicrobial activity of olive leaves. *Mycoses*, 46, 132–136, doi: 10.1046/j.1439-0507.2003.00859.x
- Mendonca, A., Jackson-Davis, A., Moutiq, R., Thomas-Popo, E. (2018). Use of Natural Antimicrobials of Plant Origin to Improve the Microbiological Safety of Foods, Food and Feed Safety Systems and Analysis. Ricke, S. C., Atungulu, G. G., Rainwater, C. E., Park, S. H. (eds), *Academic Press is an imprint of Elsevier*, 249-272.
- Moisa, C., Copolovici, L., Pop, G., Lupitu, A., Ciutina, V., Copolovici D. (2018). Essential oil composition, total phenolic content, and antioxidant activity- Determined from leaves, flowers and stems of *Origanum Vulgare* L. Var. *Aureum*. *Sciendo*, 555-561, doi: 10.2478/alife-2018-0087
- Özdemir, H., Soyer, A., Tağı, Ş., Turan, M. (2014). Nar kabuğu ekstraktının antimikrobiyel ve antioksidan aktivitesinin köfte kalitesine etkisi. *GIDA*, 39(6), 355-362, doi: 10.15237/gida.GD14052
- Pereira, A. P., Ferreira, I. C. F. R., Marcelino, F., Valentão, P., Andrade, P. B., Seabra, R., Estevinho, L., Bento, A., Pereira, J. A. (2007). Phenolic compounds and antimicrobial activity of olive (*Olea europaea* L. Cv. Cobrançosa) leaves. *Molecules*, 12, 1153-1162, doi: 10.3390/12051153
- Perricone, M., Arace, E., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., Bevilacqua, A. (2015). Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. *Front Microbiol*, 6, 1-7, doi: 10.3389/fmicb.2015.00076
- Pobiega, K., Kraśniewska, K., Gniewosz, M. (2019). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. *Trends Food Sci Technol*, 83, 53-62, doi: 10.1016/j.tifs.2018.11.007
- Raut, J. S., Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind Crops Products*, 62, 250-264, doi: 10.1016/j.indcrop.2014.05.055
- Ríos, J. L., Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *J Ethnopharmacol*, 100, 80–84, doi: 10.1016/j.jep.2005.04.025
- Sağdıç, O. (2003). Sensitivity of four pathogenic bacteria to Turkish thyme and oregano hydrosols. *Lebensm-Wiss Technol*, 36, 467-473, doi: 10.1016/S0023-6438(03)00037-9
- Sales, A. J., Pashazadeh, M. (2020). Study of chemical composition and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) essential oil on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in vitro. *Int J Life Sci Biotechnol* 3(1), 62-69, doi: 10.38001/ijlsb.693371
- Schelz, Z., Molnar, J., Hohmann, J. (2006). Antimicrobial and antiplasmid activities of essential oils. *Fitoterapia*, 77, 279-285, doi: 10.1016/j.fitote.2006.03.013
- Smith, R. (2019). A Review on the antimicrobial activity of propolis and its synergy with other antimicrobial compounds. *Med Clin Res*, 4(5), 1-8.
- Soares de Arruda, V. A., Vieria dos Santos, A., Sampaio, D. F., Araújo, E. S., Peixoto, A. L., Estevinho, L. M., Almeida-Muradian, L. B. (2020). Brazilian bee pollen: phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *J Apic Res*, 1-9, doi: 10.1080/00218839.2020.1840854

Solorzano-Santos, F., Miranda-Novales, M. G. (2012). Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Curr Opin Biotechnol*, 23, 136-141, doi: 10.1016/j.copbio.2011.08.005

Temiz, A., Őener, A., Tüylü, A. Ö., Sorkun, K., Salih, B. (2011). Antibacterial activity of bee propolis samples from different geographical regions of Turkey against two foodborne pathogens, *Salmonella* Enteritidis and *Listeria monocytogenes*. *Turk J Biol*, 35, 503-511, doi: 10.3906/biy-0908-22

Thielmann, J., Kohnen, S., Hauser, C. (2017). Antimicrobial activity of *Olea europaea* Linné extracts and their applicability as natural food preservative agents. *Int J Food Microbiol*, 251, 48-66, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.019

Tolosa, L., Canizares, E. (2002). Obtención, caracterización y evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de propóleos de Campeche. *Ars Pharmaceutica*, 43:1-2, 187-204.

Wagh, V. D. (2013). Propolis: A wonder bees product and its pharmacological potentials. *Adv Pharmacol Sci*, 1-11, doi: 10.1155/2013/308249

Yıldız, P. O. (2019). Turunçgil kabuk yağlarının gökkuşuğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının raf ömrü üzerine etkileri. *J Limnol and Freshw Fish Res*, 5(1), 17-26, doi: 10.17216/LimnoFish.423440



SÜRDÜRÜLEBİLİR PROTEİN KAYNAĞI OLARAK YENİLEBİLİR BÖCEKLERİN BESLEYİCİ ÖZELLİKLERİ ve TÜKETİCİ KABULÜ

Burak Erdoğan, Ayşe Görür, Doğa Peksever*, Ogeday Sümer, Sedef Nehir El
Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Beslenme Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

Geliş / *Received*: 14.04.2021; Kabul / *Accepted*: 15.07.2021; Online baskı / *Published online*: 06.08.2021

Erdoğan, B., Görür, A., Peksever, D., Sümer, O., El Nehir, S. (2021). Sürdürülebilir protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri ve tüketici kabulü. *GIDA* (2021) 46 (5) 1105-1116 doi: 10.15237/gida. GD21074.

Erdoğan, B., Görür, A., Peksever, D., Sümer, O., El Nehir, S. (2021). Nutritional value and consumer acceptance edible insects as a sustainable source of protein. GIDA (2021) 46 (5) 1105-1116 doi: 10.15237/gida. GD21074.

ÖZ

Nüfus artışı, tarım alanlarının yetersizliği ve iklim değişiklikleri gibi sorunlar nedeniyle, gıda kaynaklarının sürdürülebilirliği giderek önem kazanmaktadır. Gelecekte özellikle protein gereksiniminin karşılanması temel bir sorun olarak öngörülmektedir. Yenilebilir böcekler geleneksel protein kaynakları ile kıyaslandığında üretimlerindeki avantajlar nedeniyle sürdürülebilir gıda kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Güney Amerika ülkeleri ve Çin gibi ülkelerde geleneksel olarak tüketilen ancak batı toplumlarında neofobi ve tikslenme nedeniyle kabul görmezken bütün formu yerine un formunda kullanılması entomofajiyi uygulamak için umut verici bir seçenek olarak görülmektedir. Yenilebilir böceklerin, besleyici özellikleri ile antidiyabetik ve antimikrobiyel gibi potansiyel etkileriyle sağlık üzerine faydalarının incelendiği çalışmalar artmaktayken toksik ve alerjik etkileri üzerine çalışmalar halen yetersizdir. Yenilebilir böceklerin, özellikle Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu'nun (European Food and Safety Authority, EFSA) 2021 yılı başında yayınladığı sarı un kurdunun gıda olarak tüketilmesini onaylayan yönetmelik ile yenilebilir böceklerin bilim dünyasında daha fazla konu olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: sürdürülebilir gıda, böcek, sağlık etkileri, tüketici algısı

NUTRITIONAL VALUE AND CONSUMER ACCEPTANCE EDIBLE INSECTS AS A SUSTAINABLE SOURCE OF PROTEIN

ABSTRACT

As a result of world population growth, scarcity of agricultural land and climate change, the importance of sustainable resources is increasing. In the future, people's need for sustainable protein sources will be a problem globally. Edible insects are one of the sustainable protein sources that have advantages compared to traditional ones. They are traditionally consumed in countries such as South American countries and China but are not accepted due to neophobia and disgust in western societies. Their use in flour form is seen as a promising option for implementing entomophagy. Studies on their nutritional benefits and potential effects such as antidiabetic and antimicrobial are increasing

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉: dogapeksever@gmail.com

☎: (+90) 530 131 68 83

Burak Erdoğan; ORCID no: 0000-0001-6135-6770

Ayşe Görür; ORCID no: 0000-0002-5507-0490

Doğa Peksever; ORCID no: 0000-0003-2719-2412

Ogeday Sümer; ORCID no: 0000-0002-9541-9212

Sedef Nehir El; ORCID no: 0000-0002-2996-0537

while studies on their toxicity and allergenicity are still insufficient. It is thought that studies on edible insects will gradually increase with the regulation of approving the consumption of yellow mealworm as food published by the European Food Safety Authority (EFSA) in early 2021.

Keywords: sustainable food, insects, health effects, consumer perception

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2030'a kadar yaklaşık 8.5 milyar, 2050'ye kadar ise 9.8 milyar olacağı ön görülürken, gıda talebinde de 2050'ye kadar büyük bir artış olacağı belirtilmektedir (UN, 2017). Aynı zamanda et ve et ürünlerine olan talebin 2050 yılında 455 milyon tona ulaşabileceği düşünülmektedir. Bu da 2005 ve 2007'de raporlanan et tüketiminden %76 oranında daha fazla olacağı anlamındadır (Ravi vd., 2020). Dünya topraklarının şu anda %40'ı gıda üretmek için kullanılmasına karşın tarım ve otlak alanlarda kıtlık yaşanmaktadır. Tüm bu öngörüler ile gıdanın yeterliliği için sürdürülebilir stratejilere ihtiyaç vardır (Nissen vd., 2020).

Sürdürülebilirlik kavramı, insan faaliyetlerinin ve çevrenin uyumlu bir şekilde bir arada olması için en uygun koşulları belirleme durumu ile ilişkilendirilir. Sürdürülebilirlik, çevre kirliliğinden endüstriyel üretime, arazilerin kötüye kullanımına, demografik krize, atık yönetimine kadar uzanan sorunların çoğunu kapsamaktadır (Cadinu vd., 2020). Gıda üretimi kirliliğe yol açmakta ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri olan reaktif azot bileşikleri, sera gazları, antibiyotikler, pestisitler ve biyolojik ajanlar gibi birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Gıda üretiminin getirdiği bu sorunlarla beraber, toprak kalitesinin gittikçe azalması ve erozyon ile toprak kaybı gibi sorunlar da ortaya çıkmaktadır (Aiking ve de Boer, 2020). Sürdürülebilir olmayan tarım uygulamaları, ormansızlaşma, su kıtlığı, kentleşme ve iklim değişikliği gibi nedenler ekilebilir alanların hızla tükenmesine sebep olmaktadır. Sürdürülebilir uygulamalara geçmek, gıda üretim sistemleri üzerindeki yükü hafifletebilecek çözümün temelini oluşturmaktadır (Ravi vd. 2020).

Yenilebilir böcekler, geleneksel hayvansal gıdalara alternatif olarak artan bir ilgi ile yüksek kaliteli proteinlerin yeni bir kaynağını temsil etmektedir. Çekirge, cırcır böceği, termit ve un kurdu gibi böceklerden elde edilen proteinler; büyükbaş ve kümes hayvanları gibi protein kaynaklarına göre

pratik ve uygun maliyetli bir alternatif olarak popüler hale gelmeye başlamıştır (de Castro vd., 2018; Nissen vd., 2020). Ayrıca çevresel açıdan, geleneksel protein kaynaklarına kıyasla 1 kg böcek proteini üretimi daha az alan gerektirmekte, daha az sera gazı emisyonuna neden olmakta ve organik atıkların yüksek değerli biyolojik ürünlere dönüştürülmesini içermektedir (Ravi vd., 2020).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2013 yılında, "Yenilebilir Böcekler: Gıda ve Yem Güvenliği için Gelecek Beklentileri" başlığıyla yayınlanmış raporda, böcek tüketiminin kapsamlı bir analizi sunulmuş ve yenilebilir böceklerin gelecekte sürdürülebilir bir gıda kaynağı olacağı savunulmuştur (van Huis vd., 2013). Raporla birlikte tüketicilerin ve medyanın yenilebilir böceklerle olan ilgisi artmıştır (Wade ve Hoelle, 2020). Son olarak Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu'nun (EFSA) 2021 yılının ilk ayında yayınlamış olduğu yönetmelikle sarı un kurdunun tüketimini onaylaması (EFSA, 2021), yakın zamanda böcek tüketiminin hayatımızda daha fazla yer alacağını ortaya koymaktadır.

Böcek tüketimi olarak adlandırılan entomofaji aslında dünyanın pek çok ülkesi için yeni bir kavram değildir. Kanınca ve böcek larvaları Afrika ve Avustralya'daki kabilelerin diyetlerinde önemli bir parçayken, Tayland'da ise kızartılmış böcekler sevilen ve popüler gıdalardır. Dünya çapında en az 2 milyar insan tarafından düzenli olarak böcek tüketildiği tahmin edilmektedir. Literatürde çoğu tropikal ülkelerde olmak üzere 1900'den fazla böcek türünün yenilebilir olduğu belgelenmiştir (van Huis vd., 2013). Yenilebilir böceklerin giderek popüler hale gelmesine; gıda kıtlığı durumunda kurtarıcı olarak değerlendirilebileceği yaklaşımı neden olmuştur. Aynı zamanda sürdürülebilir bir kaynak olarak böcek tüketimini teşvik etmedeki temel zorluklardan biri, böcekleri tüketicilerin gözünde çekici ve lezzetli hale getirmektir (Zielińska ve Pankiewicz, 2020; Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021).

Son yıllarda yenilebilir böcekler üzerinde yapılan çalışmaların önemli ölçüde arttığı, besleyici değerleri, sağlık üzerine etkilerinin yanı sıra riskleri ve tüketici kabulü üzerine de yoğunlaştığı görülmektedir. Bu derlemede, çalışmalar ilgili başlıklar ile değerlendirilerek incelenmiştir.

YENİLEBİLİR BÖCEKLER VE BESLEYİCİ ÖZELLİKLERİ

Yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri oldukça değişkendir. Aynı böcek türünde böceğin metamorfik aşamasına (yumurta, larva, pupa ve yetişkin) ve yaşam alanları ile diyetlerine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Böcekler genel olarak protein ile tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin oldukları için besleyici değerleri açısından önemli bir yere sahiptirler (Bessa vd., 2020). Böceklerin küresel protein gereksiniminin karşılanması ile ilgili sorunu çözmek için en umut verici alternatif kaynaklardan biri olmasının sebebi diğer protein kaynaklarına göre yüksek protein içeriğine, amino

asit bileşimine ve düşük çevresel üretim maliyetine sahip olmasıdır (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020).

Böceklerin besin öğeleri bileşimi birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir. Örneğin türler arasında protein içeriklerindeki farklılığın, yetişme koşulları, farklı diyetler veya hasat aşamalarından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Protein içerikleri farklılaşma evrelerine ve yapılan protein analiz yöntemlerine göre de değişiklikler göstermektedir (Boulos, Tännler ve Nyström, 2020; Jonas-Levi ve Martinez, 2017). Böcek proteinlerinin sindirilirliğinin araştırıldığı çalışmalarda, cırcır böceği (*Grylloides sigillatus*) proteininin in vitro protein sindirilirliğinin %76.2, un kurdu (*Tenebrio molitor*) proteininin ise %75.7 olduğu saptanmıştır (Stone vd., 2019). Çizelge 1'de bazı yenilebilir böcek türlerinin protein içerikleri, Çizelge 2'de ise sürdürülebilir protein kaynaklarından olan bazı bitki, alg ve mantar türlerinin protein içerikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı yenilebilir böcek türlerinin protein içerikleri (Nongonierma ve FitzGerald, 2017)

Bilimsel isim	Yaygın isim	Protein içeriği (%)	Kaynak
<i>Grylloides sigillatus</i>	Şeritli cırcır	70.00	(Zielińska vd., 2015)
<i>Acheta domesticus</i>	Ev cırcır böceği	55.00–70.75	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Schistocerca gregaria</i>	Çöl çekirgesi	76.00	(Zielińska vd., 2015)
<i>Ruspolia differens</i>	Çekirge	43.10–44.30	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Tenebrio molitor</i>	Sarı un kurdu	47.18–60.20	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Zophobas morio</i>	Büyük solucan	43.13–46.79	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Küçük un kurdu	58.03	(Yi vd., 2013)
<i>Bombycidae mori</i>	İpek böceği	48.70–69.84	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Samia ricinii</i>	Eri ipek böceği	54.00–54.80	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Blaptica dubia</i>	Arjantin hamam böceği	59.2	(Yi vd., 2013)
<i>Gromphadorbina portentosa</i>	Madagaskar hamam böceği	62.52–63.35	(Oonincx ve Dierenfeld, 2012)
<i>Macrotermes subhylanus</i>	Termit	39.34	(Kinyuru vd., 2013)

Çizelge 2. Bazı sürdürülebilir protein kaynaklarının protein içerikleri (Fasolin vd., 2019)

Tür	Bilimsel isim	Protein içeriği (%)	Kaynak
Bitki	<i>Amaranthus spp.</i>	12.5-17.6	(Caselato-Sousa ve Amaya-Farfán, 2012)
Bitki	<i>Chenopodium quinoa Willd</i>	12-23	(Ruiz vd., 2016)
Alg	<i>Arthrospira platensis</i> (<i>Spirulina platensis</i>)	53.5	(Benelhadj vd., 2016)
Alg	<i>Chlorella vulgaris</i>	12.7-53.0	(Laurens vd., 2017; Ursu vd., 2014)
Mantar	<i>Aspergillus niger</i>	10.3-61.2	(Kamal vd., 2019)
Mantar	<i>Fusarium venenatum</i>	41.8-46.4	(Hosseini ve Khosravi-Darani, 2011)

Lipit içeriği, yenilebilir böceklerde yaşamlarının larva aşamasında daha yüksektir. Triaçilgliseroller yağ içeriğinin yaklaşık %80'ini oluşturur ve bunu yaşam evresine göre değişebilen %20'den azını temsil eden fosfolipitler izlemektedir (de Castro vd., 2018). Un kurtlarındaki doymamış yağ asitlerinden omega-3 ve omega-6 yağ asitleri bileşiminin sığır ve domuzda bulunan değerlerden yüksek olduğu saptanmıştır. Böceklerdeki karbonhidratlar çoğunlukla kitin içinde bulunur ve kuru ağırlığın %5-20'sini oluşturur. Yenilebilir böceklerdeki karbonhidrat içeriği kalkan böceğinde %6.71'den ağustos böceklerinde %15.98'e kadar değişmektedir (Govorushko, 2019). Böceklerin sağladığı enerji değeri de böcek türleri arasında değişiklik gösterir ve türe bağlı olarak 100 g kuru madde için 293 ile 776 kcal arasında değişmektedir. Meksika'nın Chiapas Eyaleti'nde bin başlı yılan (*Latebraria amphipyrioides*) olarak bilinen solucanın 100 g'ı 349 kcal sağlarken, çekirgenin (*Acrida exaltata*) 100 g'ı 336.93 kcal ve Meksika güvesinin (*Phasus triangularis*) 100 g'ı 761 kcal enerji sağlamaktadır (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021).

Yenilebilir böceklerin vitamin ve mineral değerleri incelendiğinde; çekirge, cırcır böceği, termit ve un kurtları gibi böcekler demir, çinko, kalsiyum, bakır, fosfor, magnezyum ve manganez açısından zengindir (de Castro vd., 2018). Tavuk ve sığır eti; 100 g ağırlık başına sırasıyla sadece 1.2 ve 3 mg demir minerali sağlarken, palmiye böcekleri (*Rhynchophorus phoenicis*) veya turtullar (*Imbrasia belina*), 100 g ağırlık başına sırasıyla 12 ve 31 mg demir minerali sağlayabilmektedir. Çinko ise genellikle böceklerin çoğunda bulunan bir mineraldir. Örneğin palmiye kurdu (*Rhynchophorus*

phoenicis) larvalarının 100 g'da 26.5 mg çinko vardır (Tao ve Li, 2018).

Yenilebilir böceklerin besleyici değerleri göz önüne alındığında, FAO'nun öngördüğü, besin öğelerinin günlük gereksinimlerinin böcekler ile karşılanacağı anlaşılmaktadır. Örneğin 100 g tırtıl böceği tüketimi ile, günlük protein gereksiniminin %76'sı sağlamaktayken sadece 3 tane ipek böceği pupası, 1 adet tavuk yumurtası kadar besin değeri açısından zengin kabul edilmekte ve bileşimi yaklaşık %50 protein ile %30 lipitten oluşmaktadır (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020; Bessa vd., 2020). Tüm bu veriler sonucunda yenilebilir böceklerin makro ve mikro besinlerden zengin olduğu ve sürdürülebilir bir protein kaynağı olarak umut vadettiği sonucuna varılmaktadır.

YENİLEBİLİR BÖCEKLERİN POTANSİYEL SAĞLIK ETKİLERİ VE RİSKLERİ

Prebiyotik Etki

İnsan sindirim sisteminde bitkisel gıdaların sindirilemeyen ve ince bağırsaktan emilmeyerek, kalın bağırsağa geçen kısımları mikrobiyota için birincil enerji kaynağıdır. Diyet lifinin sağlık üzerine kanıtlanmış birçok etkisi, yenilebilir böceklerin içerdiği diyet lifi kaynağı kitin fraksiyonu için de geçerlidir. Yenilebilir böceklerin bağırsak florasına etkisi üzerine yapılan bir çalışmada günde 25 g cırcır böceği (*Grylodes sigillatus*) unu tüketen kişilerin dışkı örneklerinde probiyotik bakterilerden *Bifidobacterium animalis* türünde 5.7 kat artış saptanmıştır (Stull vd., 2018). Sarı un kurdunun (*Tenebrio molitor*) prebiyotik etkisini saptamak amacı ile yapılan bir çalışmada ise *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri üzerinde

olumlu etki ederek mikrobiyotanın iyi yönde gelişmesini sağladığı saptanmıştır (de Carvalho vd., 2019). Böcek lifinin probiyotiklerin gelişmesini sağlaması sebebi ile prebiyotik etki gösterdiği düşünülmektedirken böceklerde bulunan ve sindirilmeden kalın bağırsağa geçebilen diğer besinler açısından da prebiyotik etki konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Antiinflamatuvar Etki

Gryllus bimaculatus türü cırcır böceklerinde glikosaminoglikan adı verilen bir çeşit polisakkaritin, fare modellerinde önemli düzeyde antiinflamatuvar etki gösterdiği bildirilmiştir. Antiinflamatuvar özellikleri glikosaminoglikan polisakkaritinin bu farelerde bulunan inflamatuvar biyolojik belirleyicilerden olan C-reaktif protein (CRP) molekülü, IL-6 ve romatoid faktörünün aktivitesinin engellenmesi sonucu görülmektedir (Ahn vd., 2014). Ayrıca yüksek yağ içerikli diyet uygulanmış farelere verilen glikosaminoglikanın, farelerin yağ dokusu, CRP seviyesi, kan kolesterolü ve karaciğer yağ düzeyinde zamanla azalma sağladığı saptanmıştır (Ahn vd., 2016). Diyabetik farelerde glikozaminoglikan takviyesini içeren başka bir çalışma, glikozaminoglikan tedavisi alan diyabetik farelerin kan glukozu ve LDL-kolesterol seviyelerinde bir azalma ve antioksidan enzimlerin aktivitesinde bir artış olduğunu saptamıştır (Ahn vd., 2020). Bu çalışmalar ışığında böcekte bulunan glikosaminoglikanın inflamasyon belirteçleri, kolesterol ve kan glukozu üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceği sonucu çıkarılmaktadır.

Böceklerden elde edilen protein hidrolizatlarının insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olan peptitlerin kaynağı olduğu bildirilmiştir (Nongonierma ve FitzGerald 2017). Pamuk yaprak kurdu, ipek böceği, çöl çekirgesi ve yaban arısından elde edilen biyoaktif peptit içeren protein hidrolizatlarının farelerdeki hipertansiyonu azalttığı saptanmıştır. Bu etkiyi kan damarlarını daraltarak kan basıncının yükselmesine sebep olan anjiyo tensin dönüştürücü enzim aktivitesini (ACE) engelleyen peptit yapılarının sağladığı bildirilmiştir (Vercruyssen vd. 2005). Başka bir çalışmada ise yenilebilir tropikal ev böcekleri, un kurdu ve çöl

çekirgesinden elde edilen protein hidrolizatlarının antiinflamatuvar etki gösterdiği belirtilmiştir. Bu etki inflamatuvar işaretleyicilerden olan lipoksigenaz ve sislooksigenaz aktivitelerinin engellenmesi sonucunda gerçekleşmekte ve en yüksek etkinin çöl çekirgelerinden elde edilen protein fraksiyonları olduğu saptanmıştır (Zielińska vd., 2017). Yapılan bu çalışmalar sonucunda böceklerden elde edilen biyoaktif peptitlerin kardiyovasküler ve inflamatuvar hastalıklar üzerinde olumlu etki gösterebileceği sonucu çıkarılmaktadır.

Antioksidan ve Antimikrobiyel Etki

Antioksidan etki gösteren bileşikler yenilebilir böcek türleri içerisinde bulunabilmekte veya bu kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşikler sayesinde de antioksidatif etki sağlanabilmektedir. Yenilebilir böcek türlerine uygulanan enzimatik hidroliz sonucu oluşan peptit fraksiyonlarının oksidatif strese neden olan serbest radikal konsantrasyonunu azalttığı gösterilmiştir. On iki çeşit yenilebilir böcek ve iki çeşit omurgasızdan elde edilen su ve yağda çözünür ekstraktların in vitro antioksidan etkisini araştıran bir çalışmada çekirge, ipek böceği ve cırcır böceğinin taze portakal suyundan 5 kat daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu saptanmıştır (Di Mattia vd., 2019). Böcek proteinlerinin hidrolizi sonucu oluşan peptit fraksiyonlarının etkilediği antioksidan mekanizmaları hala tam olarak bilinmemektedir. Ancak böcek proteinlerinin aminoasit içerikleri ve dizilimindeki değişkenlik biyoaktif peptitlerin muhtemel antioksidan etkilerinin farklı düzeyde olmasına neden olmaktadır (Sarmadi ve Ismail, 2010). Bazı çalışmalarda ise aromatik aminoasitler ile hidrofobik özellik gösteren aminoasitlerin daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmektedir (Najafian ve Babji, 2012; Chalamaiah vd., 2012; Da Rocha vd., 2018).

Yenilebilir böceklerin içerdiği proteinlerin hidrolizlenmesi ile antimikrobiyel etkiye sahip peptitler izole edilmiştir. Böceklerin antimikrobiyel peptitlerinin (çekropinler ve attasinler) yaklaşık 30-60 aminoasit zincirinden oluştuğu ve bazı koşullarda (100°C, 15 dakika) stabil kalabildiği saptanmıştır (Jantzen da Silva

Lucas vd., 2020). Antimikrobiyel peptitler izole edildiği böcek türüne göre farklılık göstermekte ve bu peptitler farklı biyoaktivite gösterebilmektedirler (de Castro vd., 2018; Rahnamaeian vd., 2015). Yapılan bir çalışmada yaban arılarından izole edilen abaesin (prolin aminoasitince zengin) ve himenoptaesin (glisin aminoasitince zengin) peptitlerinin patojen *Escherichia coli* üzerine etkisi araştırılmıştır. Bulgularda abaesinin tek başına 200 µM konsantrasyonda uygulandığında herhangi bir antimikrobiyel etkisi gözlemlenmezken, himenoptaesin 2 µM ve daha yüksek konsantrasyonlarda uygulandığında anlamlı bir antimikrobiyel etki gösterdiği saptanmıştır (Rahnamaeian vd., 2015). Yenilebilir böceklerin içerdiği biyoaktif bileşiklerin potansiyel biyoaktiviteleri üzerine çalışmaların devam etmesi gerektiği düşünülmektedir.

Antidiyabetik Etki

Bazı yenilebilir böcek protein hidrolizatlarının karbonhidrat sindirim enzimi alfa-glukosidazın inhibisyonu üzerinde etkili olduğu ve antidiyabetik etki gösterdiği saptanmıştır (Jung vd., 2010; Han vd., 2016). Bu konuda yapılan *in vitro* bir çalışmada ipek böceğinden izole edilen peptitlerin alfa-glukosidaz enziminin aktivitesini inhibe ederek karbonhidrat sindirimini azalttığı belirtilmiştir (Nongonierma ve FitzGerald, 2017). Ancak bu konuda *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar yeterli değildir ve potansiyel antidiyabetik etkinin hangi biyoaktif bileşikten/bileşiklerden kaynaklandığının tespiti ve mekanizmasının belirlenmesi için daha fazla çalışmaya gereksinim vardır.

Yenilebilir böcekler içeriklerindeki vitamin, mineral, lif, zorunlu amino asitler, omega-3 ve omega-6 yağ asitleri ve antioksidan bileşenler sayesinde sağlık yararlarına sahip olabilmektedir. Gelecekteki araştırmalar, böceklerin veya böceklerden elde edilen izolatlarının geleneksel hayvan ve bitki bazlı gıdalara kıyasla faydalı etkilerini anlamayı amaçlamalıdır (Nowakowski vd., 2021).

Yenilebilir böceklerin sağlık etkileri üzerine yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar giderek

artarken insan çalışmaları oldukça azdır. Bu sebeple sağlık etkileri üzerine yapılan insan çalışmalarını artırmak amaçlanmalıdır.

Yenilebilir Böceklerin Pestisit Yükleri ve Alerjik Özellikleri

Böceklerin insan beslenmesinde yaygın olarak kullanılabilmesi için gıda güvenliği endişelerinin; özellikle de potansiyel risklerin giderilmesi çok önemlidir (van der Fels-Klerx vd., 2018). Doğal çevreden toplanan ya da çiftliklerde üretilen yenilebilir böceklerdeki kimyasal kontaminantlar sorunu gıda güvenliği konusunda önemli bir tehdittir. Yenilebilir böceklerin pestisit türevli kimyasallara maruz kalmalarının sebepleri, böceklerin sabit kalmayıp bir yerden başka bir yere sürekli hareket halinde olması ve pestisit kullanılmış bitkileri tüketmesi veya pestisit kullanımı esnasında o alanda bulunmalarıdır. Böceklere bulaşabilen bu pestisit kontaminasyonu ile ilgili bir çalışmada, Kuveyt’de piyasadaki yenilebilir bir böcek türünde oldukça yüksek pestisit konsantrasyonları (49.2 µg/kg organik klor ve 740.6 µg/kg organofosfor) saptanmıştır (Imathiu, 2020). Ancak gelişen teknolojiyle birlikte yenilebilir böcek üretimi yapılan yerlerde böceklerin beslenmesinin kontrol altına alınması mümkündür. Pestisit türevli maddelerin böceklerdeki biyolojik birikimi üzerine yapılan bir çalışmada ise pestisitler (benzaton, bifentirin izoproturon ve mefanoksam, linuron, pendimetalin, primetani, tebukonazol, 2,4-D, klopiralid, diflufenikan ve fenpropimorf) ile muamele edilen havuç ile beslenen sarı un kurdunda biriken ve birikmesi sonucu dışarı salınan pestisit miktarı ölçülmüş ve fenpropimorf birikiminin en yüksek olduğu, ancak biriken bu maddenin salınımının ise en az olduğu belirtilmiştir (Poma vd., 2017). Bu konuda araştırmalar hassasiyetle devam etmeli ve güvenilir tüketimin sağlanabilmesi için kesinlik kazanmalıdır.

Böcekler; kabuklular gibi eklembacaklılar ailesine aittir. Kabuklu alerjileri yaygın ve potansiyel olarak şiddetli alerjilerdir. Bu nedenle, kabuklu alerjisi olan bireylerde bağışıklık sistemi böcek proteinlerine karşı çapraz reaktivite geliştirerek potansiyel bir sağlık sorunu yaratabileceği oldukça

nettir. Aynı zamanda ev tozu akarlarına karşı immünolojik yanıt veren bireylerde de duyarlılık olabileceği gösterilmesine karşın klinik önemi ve moleküler mekanizmaları henüz net değildir (Ribeiro vd., 2021). Böcek alerjisinin altında yatan moleküler mekanizmalar hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktayken yapılan çalışmalara göre böcek türlerinde bulunan arjinin kinaz, serisin ve tropomiyosinin alerjik yapıdaki proteinler olarak belirlenmiştir (Bose vd., 2021; Hall ve Liceaga, 2020; Liu vd., 2006; Murefu vd., 2019; Ribeiro vd., 2018). Alerjenite çalışmaları devam ederken sadece ısıl işlemlerin alerjeniteyi azaltmada yetersiz kaldığı, fakat ısıl işlemlerle birleştirilmiş enzimatik hidroliz gibi özel işlemlerin yenilebilir böceklerin IgE-reaktivitesini ortadan kaldırarak alerjeniteyi azaltabileceği saptanmıştır (Ribeiro vd., 2021). Böcek türlerinde bulunabilen alerjik bileşiklerin yenilebilir her böcek türü için çok iyi belirlenmesi ve bu türlerde alerjeniteyi azaltmak için hangi işlemlerin uygulanabileceğinin araştırılması gereklidir ve son olarak ürün ambalajlarında alerjen uyarısı mutlaka yapılmalıdır.

YENİLEBİLİR BÖCEKLER İÇİN TÜKETİCİ KABULÜ VE ALGISI

Birçok yenilebilir böcek türü, geleneksel olarak çok eski zamanlardan beri birçok kültür tarafından; bütün veya bir bileşen olarak çeşitli gıda ürünlerine dahil edilerek tüketilmektedir. Yenilebilir böcekler, besleyici özellikleri ve sağlık üzerine olumlu etkilerine rağmen, gelişmiş ülkelerde, nüfusun çoğunluğu tarafından tüketici kabulünü sağlamış değillerdir. Böceklerden tiksiniilmesi onların protein kaynağı olarak değerlendirilmesinin önündeki önemli engellerden biridir (Imathiu, 2020).

Yenilebilir böceklerin tüketici kabulü üzerine ülkelerin kıyaslandığı çalışmalarda; Çinliler, bütün haldeki böcek içeren gıdaları tat, besleyici değeri ve sosyal kabul açısından Almanlara kıyasla daha olumlu değerlendirmekte ve böcek içeren gıdaları tüketmeye daha fazla istekli olduğu bulunmuştur (Hartmann vd., 2015). Kuzey Avrupa ülkelerindeki tüketicilerin genellikle Orta Avrupa'daki tüketicilere göre böcek tüketmeye karşı daha olumlu bir tutuma sahip oldukları

saptanmıştır (Piha vd., 2018). Entomofajinin kabulü ve popüleritesi ile böcek içeren gıdaları tüketme isteği kültüre, yaşanılan bölgeye ve daha önceki tüketim düzeyine bağlı olduğundan ülkeler arasında önemli ölçüde farklılık gösterirken, faydalarını biliyor olmak, daha önce bu gıdaları denemiş olmak, tüketim formu (bütün, un vb.) ve böcek türü bireyler arasında tüketme istekliliğini etkileyen faktörler olarak sayılmaktadır (Sun-Waterhouse vd., 2016; Woolf vd., 2019; Higa vd., 2020).

Hem Amerika'da hem de Hindistan'da yaşayan kişilerde yapılan ankette, 'tiksinme' böcek yemeye karşı en yaygın tutum olarak belirlenirken, yine her iki ülkede de farklı tür böcekler arasında karınca en lezzetli, hamam böceği ise en tatsız olarak seçilmiştir. Katılımcılar en sevdikleri gıdalarda düşük seviyelerde yenilebilir böceklerin un formunda kullanılmasını tüketim açısından kabul etmişlerdir (Ruby vd., 2015). Başka bir çalışmada ise Amerikalıların böcek tüketiminde Hintlilerden daha istekli olduğu ve erkeklerin de kadınlardan daha istekli olduğu saptanmıştır. Her iki grupta da "tiksinme" tepkisi en belirgin tutumken, Amerikalılarda "faydaları", Hintlilerde ise "dini inanç" yeme istekliliğini belirleyici faktör olarak takip etmiştir (Ruby vd., 2019). Benzer olarak İtalyan tüketicilerde de erkeklerin kadınlardan daha istekli olduğu, tiksinme ve gıda neofobisinin böcek yemeyi reddetmedeki ana faktörleri temsil ettiği, belirtilen türler arasında ise en çok tercih edilenin cırcır böceği olduğu saptanmış ve yapılan duyusal değerlendirmede; düşük seviyede böcek görünürlüğü olan gıdaların tercih edildiği ortaya koyulmuştur (Tuccillo vd., 2020). Alman tüketiciler böcek tüketimini, böceklerin çevre dostu bir üretime sahip olmaları ve olumlu sağlık etkileri göstermeleri sebebi ile tercih etmekteyken, tiksinme ve isteksizlik gibi nedenler böcek tüketimlerini kötü yönde etkilemektedir (Kornher vd., 2019). Uluslararası bir çalışmada böcek unu içeren yeni bir gıdayı deneme istekliliği 13 farklı ülke için değerlendirildiğinde, 8 ülkeden katılımcıların tiksinme sebebiyle istekli olmadıkları saptanmıştır. Ülkelerin çoğunda sadece böceklerin hastalık taşıdığı algısı belirginken, bireylerin böcek unu içeren gıdaları tüketmeyi istememelerinin nedenleri din, böceklerin hastalık taşımaları ve

alerjik reaksiyonlara neden olabilecekleri algısı olarak belirlenmiştir (Castro ve Chambers IV, 2019). Ülkemizde ise gençlerde entomofajinin diğer çalışmalara benzer olarak cinsiyetten etkilendiği saptanırken, entomofajiyi reddetme nedenleri arasında en çok belirtilen neden tikslenme olarak saptanmıştır (Yüksel ve Canhilal, 2018). Bu veriler ile; kültürler ve bireyler arasında inanç ve tutum farklılıklarının, böcek türü ve tüketim formunun tercih nedeni olabileceği, gıda içerisinde böcek görünürlüğü ile cinsiyetler arası böcek tüketme istekliliğinin benzerlikler ve farklılık gösterebildiği sonucuna varılmaktadır. Böcek veya böcek içeren gıda tüketme istekliliği; tikslenme, hastalık veya alerjiye sebep olabileceği gibi farklı tutum ve inançlar sebebiyle azalabilmekte, daha önce denemiş olmak, gıdalara böcek unu olarak eklemek ve böcekler hakkında bilgi düzeyinin yüksek olması istekliliği artırmaktadır. Bu sebeple istekliliği artırmak için böcek için gıda güvenliği konusunda daha fazla araştırma yapılması, toplumlara uygun gıdaların geliştirilmesi ve bireylerin bilgi düzeyinin artırılması gerekmektedir.

SONUÇ

Dünya nüfusunda beklenen artış hızı, doğal kaynakların tükenme riski ve özellikle protein kaynaklarının yetersizliği gibi konular gelecekte karşılaşılabilecek sorunlar olarak öngörülmektedir. Bu durumda sürdürülebilir gıda konusunda çözüm üretme arayışları için yüksek miktarda protein içeriğine ve kaliteli aminoasit bileşimine sahip yenilebilir böcekler; gelecekte protein gereksiniminin karşılanması için oldukça umut verici görülmektedir. Aynı zamanda besleyici özellikleri ile antioksidatif, antimikrobiyel, antiinflamatuar etkileri yenilebilir böceklerin sağlık üzerine olumlu potansiyelini arttırmaktadır. Sağlık faydalarının yanında yenilebilir böceklerin insanlar tarafından tüketim istekliliği cinsiyet, inanç ve kültür gibi birçok etkene bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yenilebilir böceklerin besleyicilik ve potansiyel sağlık etkisi çalışmalarının, toksite ve alerjenite gibi gıda güvenliği çalışmalarının, aynı zamanda tüketicilerin tüketim istekliliğinin artırılmasına yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı sağlamışlardır. Makalenin hazırlanmasında başka kişi ve/veya kurumların katkısı yoktur.

KAYNAKÇA

- Ahn, M. Y., Han, J. W., Hwang, J. S., Yun, E. Y Lee, B. M. (2014). Anti-inflammatory effect of glycosaminoglycan derived from *Gryllus bimaculatus* (a type of cricket, insect) on adjuvant-treated chronic arthritis rat model. *J Toxicol Environ Health Part A*, 77(22-24), 1332-1345. doi:10.1080/15287394.2014.951591
- Ahn, M. Y., Hwang, J. S., Kim, M.-J Park, K.-K. (2016). Antilipidemic effects and gene expression profiling of the glycosaminoglycans from cricket in rats on a high fat diet. *Arch Pharm Res*, 39(7), 926-936. doi:10.1007/s12272-016-0749-1
- Ahn, M. Y., Kim, B. J., Kim, H. J., Jin, J. M., Yoon, H. J., Hwang, J. S., Lee, B. M. (2020). Anti-diabetic activity of field cricket glycosaminoglycan by ameliorating oxidative stress. *BMC Complement Med Ther* 20, 232 (2020). doi.org/10.1186/s12906-020-03027-x
- Aiking, H., de Boer, J. (2020). The next protein transition. *Trend Food Sci Technol*, 105, 515-522. doi:10.1016/j.tifs.2018.07.008
- Benelhadj, S., Gharsallaoui, A., Degraeve, P., Attia, H Ghorbel, D. (2016). Effect of pH on the functional properties of *Arthrospira (Spirulina) platensis* protein isolate. *Food Chem*, 194, 1056-1063. doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.133.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Sigge, G Hoffman, L. C. (2020). Insects as human food; from farm to fork. *J Sci Food Agric*, 100(14), 5017-5022. doi: 10.1002/jsfa.8860
- Bose, U., Broadbent, J. A., Juhász, A., Karnaneedi, S., Johnston, E. B., Stockwell, S., ... Colgrave, M. L. (2021). Protein extraction protocols for optimal proteome measurement and arginine kinase quantitation from cricket

- Acheta domesticus* for food safety assessment. *Food Chem*, 348, 129110. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129110
- Boulos, S., Tännler, A Nyström, L. (2020). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Front Nutr*, 7(89). doi:10.3389/fnut.2020.00089
- Cadinu, L. A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F Madau, F. A. (2020). Insect rearing: potential, challenges, and circularity. *Sustainabil*, 12(11), 4567. doi:10.3390/su12114567
- Caselato-Sousa, V. M., Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on Amaranth grain: A comprehensive review. *J Food Sci*, 77(4), R93–R104. doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x.
- Castro, M., Chambers IV, E. (2019). Willingness to eat an insect based product and impact on brand equity: A global perspective. *J Sens Stud*, 34(2), e12486. doi:10.1111/joss.12486
- Chalamaiah, M., Dinesh kumar, B., Hemalatha, R., Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chem*, 135(4), 3020-3038. doi:10.1016/j.foodchem.2012.06.100
- Da Rocha, M., Alemán, A., Baccan, G. C., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, C., Montero, P Prentice, C. (2018). Anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial effects of underutilized fish protein hydrolysate. *J Aquatic Food Prod Technol*, 27(5), 592-608. doi:10.1080/10498850.2018.1461160
- de Carvalho, N. M., Teixeira, F., Silva, S., Madureira, A. R., Pintado, M. E. (2019). Potential prebiotic activity of *Tenebrio molitor* insect flour using an optimized in vitro gut microbiota model. *Food Funct*, 10(7), 3909-3922. doi:10.1039/C8FO01536H
- de Castro, R. J. S., Ohara, A., Aguilar, J. G. d. S., Domingues, M. A. F. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trend Food Sci Technol*, 76, 82-89. doi:10.1016/j.tifs.2018.04.006
- Di Mattia, C., Battista, N., Sacchetti, G., Serafini, M. (2019). Antioxidant activities in vitro of water and liposoluble extracts obtained by different species of edible insects and invertebrates. *Front Nutr*, 6(106). doi:10.3389/fnut.2019.00106
- EFSA Panel on Nutrition, N. F., Allergens, F., Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., . . . Naska, A. (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA J*, 19(1), e06343. doi:10.2903/j.efsa.2021.6343
- Fasolin, L. H., Pereira, R. N., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Andrade, C., Ramos, O Vicente, A. (2019). Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. *Food Res Int*, 125, 108586. doi:10.1016/j.foodres.2019.108586.
- Govorushko, S. (2019). Global status of insects as food and feed source: A review. *Trend Food Sci Technol*, 91, 436-445. doi:10.1016/j.tifs.2019.07.032
- Hall, F., Liceaga, A. (2020). Effect of microwave-assisted enzymatic hydrolysis of cricket (*Grylloides sigillatus*) protein on ACE and DPP-IV inhibition and tropomyosin-IgG binding. *J Funct Foods*, 64, 103634. doi:10.1016/j.jff.2019.103634
- Han, S.-R., Lee, B.-S., Jung, K.-J., Yu, H.-J., Yun, E.-Y., Hwang, J. S Moon, K.-S. (2016). Safety assessment of freeze-dried powdered *Tenebrio molitor* larvae (yellow mealworm) as novel food source: Evaluation of 90-day toxicity in Sprague-Dawley rats. *Regul Toxicol Pharmacol*, 77, 206-212. doi:10.1016/j.yrtph.2016.03.006
- Hartmann, C., Shi, J., Giusto, A Siegrist, M. (2015). The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Qual Prefer*, 44, 148-156. doi:10.1016/j.foodqual.2015.04.013
- Higa, J. E., Ruby, M. B., Rozin, P. (2020). Americans' acceptance of black soldier fly larvae as food for themselves, their dogs, and farmed animals. *Food Qual Prefer*, 104119. doi:10.1016/j.foodqual.2020.104119

- Hosseini, S. M., Khosravi-Darani, K. (2011). Response surface methodology for mycoprotein production by *Fusarium venenatum* ATCC 20334. *J Bioprocess Biotech*, 01(01), doi.org/10.4172/2155-9821.1000102.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS*, 18, 1-11. doi:10.1016/j.nfs.2019.11.002
- Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chem*, 311, 126022. doi:10.1016/j.foodchem.2019.126022
- Jonas-Levi, A., Martinez, J.-J. I. (2017). The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *J Food Compos Anal*, 62, 184-188. doi:10.1016/j.jfca.2017.06.004
- Jung, E. Y., Lee, H.-S., Lee, H. J., Kim, J.-M., Lee, K.-W Suh, H. J. (2010). Feeding silk protein hydrolysates to C57BL/KsJ-db/db mice improves blood glucose and lipid profiles. *Nutr Res*, 30(11), 783-790. doi:10.1016/j.nutres.2010.10.006
- Kamal, M. M., Ali, M. R., Shishir, M. R. I., Saifullah, M., Haque, M. R Mondal, S. C. (2019). Optimization of process parameters for improved production of biomass protein from *Aspergillus niger* using banana peel as a substrate. *Food Sci Biotechnol*, 7;28(6):1693-1702. doi.org/10.1007/s10068-019-00636-2.
- Kinyuru, J. N., Konyole, S. O., Roos, N., Onyango, C. A., Owino, V. O., Owuor, B. O., . . . Kenji, G. M. (2013). Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *J Food Compos Anal*, 30(2), 120-124. doi:10.1016/j.jfca.2013.02.008
- Kornher, L., Schellhorn, M Vetter, S. (2019). Disgusting or innovative-consumer willingness to pay for insect based burger patties in germany. *Sustainabil*, 11(7), 1878. doi:10.3390/su11071878
- Laurens, L. M. L., Markham, J., Templeton, D. W., Christensen, E. D., Van Wychen, S., Vadelius, E. W., ... Pienkos, P. T. (2017). Development of algae biorefinery concepts for biofuels and bioproducts; a perspective on process-compatible products and their impact on cost-reduction. *Energy Environ Sci*, 10(8), 1716-1738. doi.org/10.1039/C7EE01306J.
- Liu, Y., Yu, L., Guo, X., Guo, T., Wang, S., Lu, C. (2006). Analysis of tissue-specific region in sericin 1 gene promoter of *Bombyx mori*. *Biochem Biophys Res Commun*, 342(1), 273-279. doi:10.1016/j.bbrc.2006.01.140
- Murefu, T. R., Macheka, L., Musundire, R., Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 101, 209-224. doi:10.1016/j.foodcont.2019.03.003
- Najafian, L., Babji, A. S. (2012). A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: Their production, assessment, and applications. *Peptides*, 33(1), 178-185. doi:10.1016/j.peptides.2011.11.013
- Nissen, L., Samaei, S. P., Babini, E., Gianotti, A. (2020). Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: Antioxidant improvement and volatilome characterization. *Food Chem*, 333, 127410. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127410
- Nongonierma, A. B., FitzGerald, R. J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *IFSET*, 43, 239-252. doi:10.1016/j.ifset.2017.08.014
- Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., Wu, X. (2021). Potential health benefits of edible insects. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1-10. doi:10.1080/10408398.2020.1867053
- Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biol*, 31(1), 40-54. doi:10.1002/zoo.20382
- Ordoñez-Araque, R., Egas-Montenegro, E. (2021). Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *Int J Gastron Food Sci*, 23, 100304. doi:10.1016/j.ijgfs.2021.100304
- Poma, G., Cuykx, M., Amato, E., Calaprice, C., Focant, J. F., Covaci, A. (2017). Evaluation of

- hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food Chem Toxicol*, 100, 70-79. doi:10.1016/j.fct.2016.12.006
- Piha, S., Pohjanheimo, T., Lähteenmäki-Uutela, A., Křečková, Z., Otterbring, T. (2018). The effects of consumer knowledge on the willingness to buy insect food: An exploratory cross-regional study in Northern and Central Europe. *Food Qual Prefer*, 70, 1-10. doi:10.1016/j.foodqual.2016.12.006
- Rahnamaeian, M., Cytryńska, M., Zdybicka-Barabas, A., Dobszlaff, K., Wiesner, J., Twyman, R. M., . . . Vilcinskis, A. (2015). Insect antimicrobial peptides show potentiating functional interactions against gram-negative bacteria. *Proc Biol Sci*, 282(1806), 20150293. doi:10.1098/rspb.2015.0293
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Trespeuch, C., Chemat, F., Vian, M. A. (2020). Larvae mediated valorization of industrial, agriculture and food wastes: biorefinery concept through bioconversion, processes, procedures, and products. *Process*, 8(7), 857. doi:10.3390/pr8070857
- Ribeiro, J. C., Cunha, L. M., Sousa-Pinto, B., Fonseca, J. (2018). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Mol Nutr Food Res*, 62(1), 1700030. doi:10.1002/mnfr.201700030
- Ribeiro, J. C., Sousa-Pinto, B., Fonseca, J., Fonseca, S. C., Cunha, L. M. (2021). Edible insects and food safety: allergy. *J Insects Food Feed*, 1-16. doi: 10.3920/JIFF2020.0065
- Ruby, M. B., Rozin, P., Chan, C. (2015). Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *J Insects Food Feed*, 1(3), 215-225. doi: 10.3920/JIFF2015.0029
- Ruby, M. B., Rozin, P. (2019). Disgust, sushi consumption, and other predictors of acceptance of insects as food by Americans and Indians. *Food Qual Prefer*, 74, 155-162. doi:10.1016/j.foodqual.2019.01.013
- Ruiz, G. A., Xiao, W., van Boekel, M., Minor, M., Stieger, M. (2016). Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chem*, 209, 203-210. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.052
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*, 57(5), 802-823. doi:10.1002/mnfr.201200735
- Sarmadi, B. H., Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31(10), 1949-1956. doi:10.1016/j.peptides.2010.06.020
- Stone, A. K., Tanaka, T Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *J Food Sci Technol*, 56(7), 3355-3363. doi:10.1007/s13197-019-03818-2
- Stull, V. J., Finer, E., Bergmans, R. S., Febvre, H. P., Longhurst, C., Manter, D. K., . . . Weir, T. L. (2018). Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. *Sci Rep*, 8(1), 10762. doi:10.1038/s41598-018-29032-2
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., . . . Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Res Int*, 89, 129-151. doi:10.1016/j.foodres.2016.10.001
- Tao, J., Li, Y. O. (2018). Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. *FQS*, 2(1), 17-26. doi:10.1093/fqsafe/fyy001
- Tuccillo, F., Marino, M. G., Torri, L. (2020). Italian consumers' attitudes towards entomophagy: Influence of human factors and properties of insects and insect-based food. *Food Res Int*, 137, 109619. doi:10.1016/j.foodres.2020.109619
- Ursu, A.-V., Marcati, A., Sayd, T., Sante-Lhoutellier, V., Djelveh, G., Michaud, P. (2014). Extraction, fractionation and functional properties of proteins from the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Bioresour Technol*, 157, 134-139. doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.071.
- UN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2017). World population

- prospects: The 2017 revision, key findings and advance tables. (ESA/P/WP/248).
- van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). *FAO*.
- Van der Fels-Klerx, H. J., Camenzuli, L., Belluco, S., Meijer, N., Ricci, A. (2018). Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 17(5), 1172-1183. doi:10.1111/1541-4337.12385
- Vercruyse, L., Smaghe, G., Herregods, G., Van Camp, J. (2005). ACE inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of insect protein. *J Agric Food Chem*, 53(13), 5207-5211. doi:10.1021/jf050337q
- Wade, M., Hoelle, J. (2020). A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability. *Environ Res Lett*, 15(12), 123013. doi:10.1088/1748-9326/aba1c1
- Woolf, E., Zhu, Y., Emory, K., Zhao, J., Liu, C. (2019). Willingness to consume insect-containing foods: A survey in the United States. *LWT*, 102, 100-105. doi:10.1016/j.lwt.2018.12.010
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem*, 141(4), 3341-3348. doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.115
- Yüksel, E., Canhilal, R. (2018). A survey of public opinion about entomophagy in Erciyes University. *IJAWS*, 4(2), 203 - 208. doi:10.24180/ijaws.440555
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Res Int*, 77, 460-466. doi:10.1016/j.foodres.2015.09.008
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory activities of hydrolysates and peptide fractions obtained by enzymatic hydrolysis of selected heat-treated edible insects. *Nutrients*, 9(9), 970. doi:10.3390/nu9090970
- Zielińska, E., Pankiewicz, U. (2020). Nutritional, physicochemical, and antioxidative characteristics of shortcake biscuits enriched with tenebrio molitor flour. *Molecules*, 25(23), 5629. doi:10.3390/molecules25235629

MİKRODALGA DESTEKLİ HİDRODİSTİLASYON YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN *PELARGONIUM GRAVEOLENS* (ITIR) ESANSİYEL YAĞININ KARAKTERİSTİK BAZI ÖZELLİKLERİ

Pelin Aydınlık, Yonca Karagül Yüceer*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş / Received: 25.04.2021; Kabul / Accepted: 24.06.2021; Online baskı / Published online: 16.08.2021

Aydınlık, P., Karagül Yüceer, Y. (2021). Mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen *Pelargonium graveolens* (Itır) esansiyel yağının karakteristik bazı özellikleri. GIDA (2021) 46 (5) 1117-1131 doi: 10.15237/gida.GD21076

Aydınlık, P., Karagül Yüceer, Y. (2021). Characteristic some properties of *Pelargonium graveolens* (Rose-scented geranium) essential oil obtained by microwave-assisted hydrodistillation method. GIDA (2021) 46 (5) 1117-1131 doi: 10.15237/gida.GD21076

ÖZ

Bu çalışmada *Pelargonium graveolens*'den (ıtır) elde edilen esansiyel yağın karakteristik özellikleri incelenerek doğal katkı maddesi olarak elma suyunda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Esansiyel yağ üretiminde mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemi kullanılmış ve %1.75 verimle esansiyel yağ üretimi gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenlerin tanımlanması amacıyla gaz kromatografisi kütle spektrometresi kullanılmıştır. İtır esansiyel yağının temel uçucu bileşenleri sitronelil format, izomenton, linalol, sitronelol ve geraniol olarak belirlenmiştir. Esansiyel yağın antioksidan aktivitesi 0.54 mM troluks/mL yağ bulunmuştur. Esansiyel yağın antibakteriyel etkisinin *Escherichia coli*'ye kıyasla *Staphylococcus aureus* üzerine daha fazla olduğu saptanmıştır. İtır esansiyel yağı ilave edilmiş elma suyunun mikrobiyel yükünde depolama boyunca düşüş olduğu belirlenmiştir. Ayrıca esansiyel yağ ilave edilen elma suyunun duyuşal özellikler bakımından da kabul edilebilir olduğu tüketici testiyle ortaya koyulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Pelargonium graveolens*, ıtır, esansiyel yağ, antioksidan aktivite, antibakteriyel aktivite, duyuşal

CHARACTERISTIC SOME PROPERTIES OF *PELARGONIUM GRAVEOLENS* (ROSE-SCENTED GERANIUM) ESSENTIAL OIL OBTAINED BY MICROWAVE-ASSISTED HYDRODISTILLATION METHOD

ABSTRACT

Characteristic properties of essential oil extracted from *Pelargonium graveolens* (rose-scented geranium) were examined and its usage as a natural additive in apple juice was investigated in this study. Microwave assisted hydrodistillation method has been used and essential oil was produced with a yield of 1.75%. Gas chromatography mass spectrometry was used to identify volatile compounds. The main volatile compounds of geranium essential oil were citronellyl formate, isomenthone, linalool, citronellol and geraniol. The antioxidant activity of the essential oil was found to be 0.54 mM trolox / mL oil. The antibacterial effect of the essential oil was found to be higher on *Staphylococcus aureus* compared to *Escherichia coli*. It was determined that the microbial load of apple juice added with the

* Yazışmalardan sorumlu yazar/ Corresponding Author

✉: yoncayuceer@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 0018 / 20051

☎: (+90) 286 218 0541

Pelin Aydınlık; ORCID No: 0000-0003-0519-0993

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

essential oil decreased during storage. In addition, it was demonstrated by consumer test that apple juice with added essential oil was acceptable in terms of sensory properties.

Keywords: *Pelargonium graveolens*, rose-scented geranium, essential oil, antioxidant activity, antibacterial activity, sensory

GİRİŞ

Bitkilerin tohum, yaprak, çiçek, kök ve kabuklarından elde edilen, bitkiye özgü karakteristik bir kokuya sahip uçucu bileşiklere esansiyel yağlar denir. Esans, aromatik yağ, uçucu yağ, eterik yağ gibi birçok farklı şekilde adlandırılırlar. Suda çözünmedikleri için yağ olarak tanımlanırlar, fakat sabit yağlardan farklıdırlar. Organik çözücülerde çözülebilirler. Bileşimlerinin büyük bir çoğunluğu terpenlerden (özellikle monoterpenlerden) oluşur. Bileşim ve miktar değişimi üzerine bitkinin yetiştiği coğrafya, bitki cinsi ve bitkinin kısımları etkilidir (Bayaz, 2014). Daha çok sıcak tropik bölgeler ile ılıman Akdeniz bölgesinde yetişmekte olan bitki türlerinden elde edilen yaklaşık 3000 esansiyel yağ çeşidi vardır. Ancak bunların 300 kadarı ticari olarak önem taşır (Kürekçi ve Sakin, 2017). Esansiyel yağların ticari kullanım alanları gıda sanayi, ilaç, kozmetik ve alternatif tıp olarak adlandırılan fitoterapi ve aromaterapidir (Hammer vd., 1999).

İtır, diğer adı gül kokulu sardunya olan *Pelargonium graveolens*, Geraniaceae familyasına ait Güney Afrika'ya özgü çok yıllık, yarı çalı bir bitkidir (Ravindra ve Kulkarni, 2015). Cezayir, Mısır, Fas, Reunion Adaları, Fransa, Çin ve Hindistan'da uçucu yağının üretimi için ticari ölçekte ıtır yetiştiriciliği yapılmaktadır (Ravindra ve Kulkarni, 2015). Antimikrobiyal, antioksidan, immünostimulan, hipoglisemik ve antiinflamatuvar etkiler gibi özellikler sergiler (Rahman vd., 2020). Esansiyel yağ esas olarak yapraklarında bulunsa da yapraklarıyla birlikte gövdeleri de damıtılabilir. Bu esansiyel yağ kozmetik ürünlere özellikle parfümlere ve gıdalara (reçel, şurup, jöle, içecek, kek vb.) gül kokusu vermek amacıyla kullanılmaktadır (Ravindra ve Kulkarni, 2015). Gül benzeri kokusu sayesinde daha pahalı olan gül yağının yerine kullanılabilirdiği için bazı ülkelerde halk arasında "fakir adamın gül yağı" olarak anılır (Wells ve Lis-Balchin, 2002). İtır esansiyel yağı, %60-70 oranında linalol, sitronelol, geraniol ve bunların esterleri ile birlikte önemli

miktarda izomenton, menton, nerol, α -terpineol, α -pinen, myrcen, β -filandren, cis ve trans rose oksit içermektedir (Charlwood ve Charlwood, 1991).

Gıdalarda oksidasyonu engellemek amacıyla yapay antioksidanlar kullanılmaktadır. Yapay antioksidan olarak kullanılan bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) ve bütillenmiş hidroksi anisol (BHA) canlılarda karsinojenik etkiye sahip olduğundan esansiyel yağların, antioksidan madde olarak kullanımı gıda sanayinde bir alternatif yöntem olmuştur (Bayaz, 2014). Esansiyel yağların antioksidatif etkilerinin, bileşimde yer alan fenolik hidroksil gruplarından kaynaklandığı öne sürülmektedir (Cuvelier vd., 1996). İtır esansiyel yağının antioksidan aktivitesi; esansiyel yağın kimyasal bileşimi, fenolik madde içeriği ve flavonoid içeriği ile doğru orantılıdır (Cavar ve Maksimovic, 2012). İtır esansiyel yağının radikal indirgeyici özelliği bulunmaktadır ve esansiyel yağın konsantrasyonu arttıkça artmaktadır (Fayed, 2009).

Esansiyel yağlar yüksek antibakteriyel etkiye de sahip olduğundan gıda sanayinde, kimyasal koruyuculara ve antibiyotiklere alternatif koruyucu ajan olarak kullanım alanı bulmaktadırlar. Etki mekanizmaları kısaca, lipofilik terpenlerin, mikroorganizmanın hücre duvarındaki lipitlerle etkileşime geçerek etki etmesi ve hücre duvarı bütünlüğünün bozularak geçirgenliğin azalması şeklinde açıklanmaktadır (Erdoğan ve Everest, 2013).

Esansiyel yağ elde etmek için kullanılan metot doğrudan esansiyel yağın kalitesi ve verimi üzerinde etkilidir. Esansiyel yağlar, temel olarak distilasyon, ekstraksiyon ve presleme yöntemleriyle elde edilmektedir (Kaya ve Ergönül, 2015). Endüstriyel esansiyel yağ üretimi için damıtma yöntemi ilk olarak Mısır, İran ve Hindistan'da kullanılmıştır (Guenther ve Althausen, 1948). Gıda sanayisinde yaygın olarak geleneksel distilasyon yöntemleri

kullanılmaktadır. Özellikle su ile distilasyon (hidrodistilasyon) eskiden beri çok yaygın olarak tercih edilen bir yöntem olmuştur. Fakat uzun süren damıtma süresi maliyeti arttırmaktadır. Gelişen teknoloji ile mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemi geleneksel yöntemde karşılaşılan sorunlara çözüm olmuştur. Kısa damıtma süresi, düşük enerji sarf etmesi, yüksek verim sağlaması ve çevre dostu olması mikrodalga destekli hidrodistilasyonun geleneksel yöntemde göre en belirgin avantajlarıdır (Bayaz, 2014; Kaya ve Ergönül, 2015).

Bu çalışmada *Pelargonium graveolens* (ıtır) bitkisinden mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemiyle esansiyel yağ etmek ve bu esansiyel yağın antioksidan ve antimikrobiyel özelliklerini ortaya koymak hedeflenmiştir. Ayrıca elde edilen esansiyel yağın gıda uygulaması sonucu üründeki mikrobiyel ve duyuşal özelliklerin de belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal ve Örnek Hazırlama

İtır bitkisi (*Pelargonium graveolens*), Damlıca Çiftliği'nden (Çatalca/İstanbul) taze olarak temin edilmiştir. Taze bitki örneği nem olmayan bir ortamda, oda sıcaklığında kurutulmuş ve kuru halde koli içerisinde muhafaza edilmiştir. Kuru bitki örneklerinin yaprakları öğütücü (GM 200 Model, Knife Mill GRINDOMIX, Retsch GmbH, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak öğütülmüştür. Yapraklar 6000 rpm'de 10 saniye boyunca öğütme işlemine tabi tutulmuştur.

Bitki Örneğinin Nem ve Kül Analizi

Nem tayini, su ile karışmayan toluen kullanılarak Dean&Stark aparatı yardımıyla volumetrik olarak (Dean ve Stark, 1920; Anonymous, 1987) belirlenmiştir. Kül tayini kül fırınında (Protherm, Ankara, Türkiye) 550 °C'de örneğin yakılması sonucu gravimetrik olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007). Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

İtır Bitkisinden Fenolik Ekstrakt Hazırlanması

Öğütülmüş bitki örneğinden metanollü fenolik ekstraktların hazırlanmasında Kırca ve Arslan,

(2008)'in önerdiği metod kullanılmıştır. 0.5 g tartılan bitki örneğine 10 mL metanol eklenerek 300 rpm'de oda sıcaklığında çalkalamalı inkübatörde bir saat tutulmuştur. Ardından 5204 x g'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası metanol fazları ayrılarak, tüm prosedür 3 kere tekrar edilmiş ve ayrılan metanollerin son hacmi 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtrasyonu (Whatmann No:1) takiben tüm fenolik ekstraktlar -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

İtır Esansiyel Yağının Eldesi ve Yağa Uygulanan Analizler

Öğütülmüş kuru bitki örneğinden esansiyel yağ elde edilmesinde mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemi seçilmiştir ve ekstraksiyon Mikrodalga Destekli Clevenger aparatı (Milestone Ethos, İtalya) kullanarak gerçekleştirilmiştir. Öğütülmüş kuru bitki örneği (120 g), cihazın cam ekstraksiyon haznesine koyularak 1:10 (w/w) oranında su ile 1 saat boyunca oda sıcaklığında ve ağzı kapalı bir şekilde bekletilmiştir. Ardından cam ekstraksiyon haznesi ve Clevenger aparatı geri soğutucu sistem cihaza yerleştirilmiştir. Ön denemelerle belirlenen mikrodalga gücünde (750 W) 2 saat distilasyon işlemi uygulanmıştır.

Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi

İtır esansiyel yağının uçucu bileşenlerinin tanımlanması ve miktarının belirlenmesi amacıyla Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) (Agilent Technologies, GC 6890, MS 6890N, Wilmington, DE, ABD) kullanılmıştır. Örnekte bulunan uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon (SPME) tekniği ile izole edilmiş olup ayırma işlemi DB5 kolon (Agilent Technologies, 60 m, 0.32 mm id x 0.25 µm film kalınlığı) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 40 mL'lik SPME vialine 300 µL saf su ile 5 µL esansiyel yağ, metanolde seyreltilen ve konsantrasyonu 3.65 mg/mL olan iç standarttan (α -thujone) 10 µL eklenmiş ve 40 °C'de 5 dk süreyle su banyosunda bekletilmiştir. Ardından su banyosundaki vialer fiber batırılarak 40 °C'de 5 dk daha bekletilmiştir. Süre bitiminde fiber yüzeyine adsorbe olan uçucu bileşenler GC-MS'e enjekte edilerek analize başlanmıştır.

GC şartları: Taşıyıcı gaz: Helyum, 1.5 mL/dk, enjeksiyon türü: Bölünmüş (split), Bölünme oranı (Split ratio): 25/1, dedektör: kütle spektrometresi, fırın programı: Başlangıç sıcaklığı 40 °C'de 3 dk, Ramp1: 3°C/dk, 200 °C'de 10 dk, Ramp2: 10°C/dk, 240 °C'de 5 dk, toplam süre 75 dk.

MS şartları: Kapiler arayüz sıcaklığı: 280 °C, iyonizasyon enerjisi: 70 eV, kütle ağırlığı 35 ile 350 amu, tarama hızı 4.45 scans/s.

Spektral Kütüphane: National Institute of Standards and Technology (NIST, 2008) ve Wiley Registry of Mass Spectral Data (Wiley, 2005).

Antibakteriyel Aktivitenin Belirlenmesi

İtır esansiyel yağının antibakteriyel aktivitesi agar disk difüzyon metodu ile test edilmiştir (Ghannadi vd., 2012). Antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesinde Gram (+) bakteri olan *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, Gram (-) olan *Escherichia coli* ATCC 25922' nin referans suşları kullanılmıştır. Brain Heart (Oxoid, İngiltere) sıvı besiyerinde ön canlandırma yapıldıktan sonra, Nutrient Broth (Oxoid) sıvı besiyerine inoküle edilen bakteriler spektrofotometrede (Shimadzu, Kyoto, Japonya) 0.5-0.6 absorbans değerine kadar 37 °C'de inkübe edilmiştir. Ardından Müller Hinton (Acumedia Lab/Veogen, İngiltere) agar besiyerine yayma plak yöntemiyle ekim yapılmıştır. Esansiyel yağdan 15 µL steril, boş kağıt disklere (6 mm) (Antimicrobial Susceptibility Test Discs, Oxoid Limited, İngiltere) emdirilerek, ekim yapılan besiyerlerine yerleştirilmiş ve 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda inhibisyon zon çapları ölçülmüştür.

Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi

Esansiyel yağın ve metanollü fenolik ekstraktların antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi (TEAC) metodu kullanılmıştır (Re ve diğerleri, 1999). Metot ABTS (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit))'in oksidasyonu ile üretilen ABTS^{•+} radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren bir örneğin eklenmesi sonucu radikalın indirgenmesi temeline dayanmaktadır. Esansiyel yağın seyreltilmesinde %80'lik metanol, metanollü fenolik ekstraktların seyreltilmesinde ise Phosphate Buffered Saline

(PBS, tuzlu fosfat tampon) kullanılmıştır. Sonuçlar standard troloks kurvesinin eğiminden hesaplanarak esansiyel yağ için "mM troloks/mL yağ", fenolik ekstrakt için "mM troloks/g bitki" olarak verilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Esansiyel yağın ve metanollü fenolik ekstraktların toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır (Kırca ve Arslan, 2008). Örneğin seyreltilmesinde %80'lik metanol çözeltisi kullanılmıştır. Örnekten 100 µL alınarak üzerine 900 µL saf su eklenmiştir. 5 mL folin ayırıcı ve 4 mL sodyum karbonat eklenmesiyle elde edilen mavi renkli karışım, karanlık bir ortamda 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda spektrofotometrede (Shimadzu UV Spectrophotometer, Kyoto, Japonya) 765 nm dalga boyunda köre karşı okuma yapılmıştır. Sonuçlar standard gallik asit kurvesinin denkleminde hesaplanarak esansiyel yağ için "mg GAE/L yağ", fenolik ekstrakt için "mg GAE/kg bitki" olarak verilmiştir.

Elma Suyu Uygulaması

Çalışmada elma suyunun taze tüketimi amaçlanmış olup endüstriyel prosedürler uygulanmadan, sadece esansiyel yağ katkısının raf ömrü ile tat ve aroma üzerine etkisi incelenmiştir. Elma suyunun hazırlanması amacıyla yerel bir manavdan alınan Pink Lady sert sulu elma çeşidi kullanılmıştır. Elmalar yıkandıktan sonra dilimlenmiş ve katı meyve sıkacağı (Fakir Hausgeräte K 1579, Almanya) kullanılarak sıkılmıştır. Elmaların posasını ayırmak için 2 kat tülbeht bezi kullanılmıştır. Taze sıkılmış elma suları 100 mL'lik kapaklı şişelere koyulmuş ve farklı konsantrasyonlarda (100 mL elma suyunda 2.5, 5 ve 7.5 µL) ıtır esansiyel yağı eklenmiştir. Ardından homojenizatör (ESGE, M 133/2280, İsviçre) ile 30 saniye boyunca karıştırılmıştır. Hazırlanan esansiyel yağ ilaveli elma suları toplam canlı ve maya-küf sayımı ile tüketici testinde kullanılmıştır.

Toplam Canlı Aerobik Mezofilik Bakteri (TCAMB) ve Maya-Küf Sayımı

Taze sıkılmış elma suları 100 mL'lik kapaklı şişelere koyulmuş ve farklı konsantrasyonlarda

eklenen ıtır esansiyel yağı (100 mL elma suyunda 2.5, 5 ve 7.5 µL) ile 15 gün boyunca buzdolabı koşullarında (4 ± 2 °C) depolanmıştır. Haftalık periyotlarla (0.gün, 7.gün, 15.gün) aseptik koşullarda toplam canlı ve maya-küf sayımı gerçekleştirilmiştir. Esansiyel yağın elma suyu içerisinde homojen dağılması için 1:1 oranında Dimetil Sülfoksit (DMSO) içerisinde çözündürülmüş ve elma suyuna ilave edilmiştir. Böylece 100 mL elma suyunda 2.5, 5 ve 7.5 µL konsantrasyonlarında esansiyel yağ ve 2.5, 5 ve 7.5 µL konsantrasyonlarında DMSO bulunmaktadır. Kontrol grubu elma suları belirtilen konsantrasyonlarda sadece DMSO içerecek şekilde hazırlanmıştır (Rosato vd., 2018). Seri dilüsyonlarda ilk dilüsyon 10 mL örnek ve 90 mL peptonlu su (%0.1) ile takip eden dilüsyon 1 mL örnek ve 9 mL peptonlu su (%0.1) olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan TCAMB için 1 mL alınarak Plate Count Agar (PCA; Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) besiyerine dökme plak yöntemiyle, maya-küf için 100 µL alınarak Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC; Merck, Darmstadt, Almanya) besiyerine yayma plak yöntemiyle ekimler gerçekleştirilmiştir. Petriler 30 ± 2 °C'de TCAMB için 2 gün, maya ve küf için 5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Feglo ve Sakyi, 2012; Tournas vd., 2006).

Duyusal Analizler

Esansiyel yağlarda aroma profilini belirlemek amacıyla tanımlayıcı duyu analizi tekniği (Spektrum™) ve esansiyel yağın farklı konsantrasyonlarda eklendiği elma sularında ise tüketici testi kullanılmıştır (Meilgaard vd., 1999). Tanımlayıcı duyu analizi için panelistlere test tekniği, aroma profilleri, referans aromalar vb. konularda 20 saat eğitim verilmiştir. Tanımlayıcı duyu analizinde, 1 µL esansiyel yağ emdirilen kâğıt 30 mL'lik kapaklı cam kavanozlara koyulmuştur ve laboratuvar ortamında oda sıcaklığında eğitimli panelistlerden tepe boşluğunun koklanması istenmiştir. 2 oturumda gerçekleşen panelde, panel lideri öncülüğünde karşılıklı değerlendirme ve tartışma yaparak 10 panelist (25-52 yaş) tarafından tanımlayıcı terimler belirlenmiş ve 10 puanlık skala üzerinden değerlendirilmiştir. Tüketici testinde 100 mL elma

suyuna ayrı ayrı 2.5, 5 ve 7.5 µL konsantrasyonlarında eklenen esansiyel yağ homojenizatör (ESGE, M 133/2280, İsviçre) ile karıştırıldıktan sonra, 30 mL'lik kapaklı plastik sos kaplarına yaklaşık 10 mL ıtır esansiyel yağ içeren elma suyu olacak şekilde paylaştırılmıştır. 50 kişiye uygulanan tüketici testinde üç basamaklı kodlar verilen farklı esansiyel yağ içeriğine sahip elma suyu örnekleri değerlendirilerek genel beğeni durumlarına göre sıralamaları istenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi tekniği (ANOVA) ile TUKEY çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Varyans analizi şartlarını yerine getirmeyen sonuçlar (homojenlik ve normal dağılım) için Games-Howell post-hoc testinden yararlanılmıştır. Toplam canlı aerobik mezofilik bakteri sayısı, maya ve küf sayısı üzerine grup, konsantrasyon ve depolama gününün etkisini incelemek amacıyla tekrarlanan ölçümlü varyans analizinden yararlanılmıştır. Farklılığın hangi gruptan ya da alt gruptan kaynaklandığını belirlemek amacıyla TUKEY çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Toplam canlı aerobik mezofilik bakteri sayısı ile maya ve küf sayısı verilerine istatistiksel analize tabi tutulmadan önce logaritmik transformasyon uygulanmıştır. Tüketici testine ait sıralama sonuçları Friedman non-parametrik testi ile belirlenmiş ve istatistiksel olarak önemli fark bulunan ortalamalara LSD (Least Significant Difference) testi uygulanmıştır. Ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığı $P \leq 0.05$ önem derecesinde belirlenmiştir. İstatistiksel analizler Minitab 17, IBM SPSS Statistics 21 ve Statistica 12 paket programlarıyla gerçekleştirilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

İtır Bitkisine ait Fiziksel Analizler ve Esansiyel Yağ Verimi

İtır bitkisinin nem içeriği toluen yöntemiyle %8, kül miktarı da %7.57 olarak belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği'ne (Anonymous, 2013) göre yaprak/çiçek baharatın nem miktarının en çok %7.5-10, kül miktarının ise en çok %7-15 arasında olabileceği ifade edilmektedir. Analiz edilen ıtır bitkisinin kül ve nem miktarları tebliğe uygun bulunmuştur.

Çizelge 1. Itır esansiyel yağında bulunan uçucu bileşenler
 Table 1. Volatile components in rose-scented geranium essential oil

RI	Bileşen/ Component	İçerik/Content (mg/mL)	RI	Bileşen/ Component	İçerik/Content (mg/mL)
761	Toluen	0.06±0.02	1227	Sitronelol	56.90±23.40
	4-metil-2,3-	0.12±0.06	1238	Neral (Z-Citral)	5.47±1.99
780	dihidrofuran		1250	Geraniol	25.40±10.80
799	Hekzanal	0.08±0.03	1257	Piperiton	0.32±0.11
850	2-Hekzenal	0.19±0.07	1267	Geranial (E-Citral)	5.01±1.90
932	α-Pinen	2.09±0.47	1274	Sitronelil format	84.10±30.50
941	3-metil-1,4-				
	heptadien	0.05±0.01			
955	trans-2-Heptenal	0.16±0.03	1284	Vitispiran	0.32±0.10
961	Benzaldehit	0.14±0.04	1297	Geraniol format	22.34±8.79
969	Linalol 3,7-oksit	0.75±0.15	1347	Sitronelil asetat	0.87±0.38
982	6-metil-5-hepten-2-	0.59±0.15	1350	α-Kubeben	1.76±0.68
	on				
987	β-Mirisen	2.38±0.58	1374	α-Ylangen	0.39±0.16
1004	Kozmen	0.39±0.07	1375	Geranil asetat	1.52±0.68
1006	Felandren	0.90±0.14	1380	α-Kopaen	5.07±1.95
1010	2,4-Heptadienal	0.12±0.04	1389	β-Burbonen	6.78±2.69
1017	α-Terpinen	0.21±0.03	1393	β-Element	1.67±0.72
1024	p-Simen	1.39±0.26	1413	α-Gurjunen	0.87±0.35
1029	Limonen	2.26±0.41	1426	trans-Karyofilen	6.90±2.94
1031	β-Felandren	1.03±0.11	1437	Sitronelil propionat	0.44±0.23
1034	(E)-β-Osimen	3.02±0.53	1446	3,7-Guaiadien	1.99±0.92
1044	Sitren oksit	0.20±0.04	1455	İzolen	2.61±1.18
1045	(Z)-β-Osimen	5.08±0.92	1462	α-Karyofilen	1.72±0.81
1058	γ-Terpinen	0.15±0.03	1467	Aromadendren	3.84±1.86
1071	cis-furan Linalol		1484	γ-Muurolen	0.60±0.29
	oksit	1.11±0.39			
1085	α-Terpinolen	1.43±0.27	1487	Germakren D	3.32±1.57
1086	(Z)-Linalol oksit	0.39±0.15	1496	Leden	7.33±3.63
1090	o-izopropeniltoluen	0.84±0.20	1498	epi-Bisikloeskifilanden	0.59±0.31
1100	Linalol	65.80±19.10	1522	δ-Kadinen	3.27±1.74
1102	6-metil-3,5-	1.67±0.60	1524	cis-Kalamenen	0.28±0.15
	heptadien-2-one				
1110	cis-Rose oksit	12.25±2.55	1526	trans-Kalamenen	0.97±0.48
1126	trans-Rose oksit	4.25±0.99	1537	Epizonaren	0.75±0.42
1158	Menton	3.12±0.85	1541	α-Kadinen	0.18±0.09
1161	İzopülegol	0.75±0.25	1544	Valencen	0.12±0.07
1169	İzomenton	78.70±21.00	1546	α-Kalakoren	0.24±0.13
1190	Neoizomentol	0.75±0.25	1553	Geranil bütirat	0.31±0.19
1193	Metil salisilat	0.09±0.001	1584	Feniletıl tıglat	0.34±0.20
1196	α-Terpineol	4.19±1.55	1694	Geranil tıglat	0.09±0.06

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. / Results are given as mean±standard error.

RI: Alıkonma indeksi/Retention Index

Yağ eldesinde, kısa damıtma süresi, düşük enerji sarfiyatı, yüksek verim sağlaması ve çevre dostu olması gibi avantajları ile mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemi tercih sebebi olmaktadır (Bayaz, 2014; Kaya ve Ergönül, 2015). Bu yöntemle elde edilen ıtır esansiyel yağında %1.75 verim sağlanmıştır. Mikrodalga destekli hidrodistilasyon tekniğinin, uygulama süresi 2-3 saat olan ve %0.1-0.8 arasında verim sağlanan geleneksel hidrodistilasyon yöntemine kıyasla daha yüksek verim sağladığı belirtilmektedir (Ghannadi vd., 2012; Boukhatem vd., 2013; Boukhris vd., 2013). Ayrıca Fardhyanti vd. (2019), *Myristicae arillus* esansiyel yağı elde etmek için farklı distilasyon teknikleri seçmişler ve bu amaçla mikrodalga destekli hidrodistilasyon tekniğinde uyguladıkları farklı mikrodalga güçleri (W) ile geleneksel hidrodistilasyon yöntemini kıyaslamışlardır. Mikrodalga destekli hidrodistilasyon yönteminin geleneksel hidrodistilasyon yönteminden daha verimli olduğunu, oksijenli monoterpenlerin ve diğer aromatik bileşenlerin daha fazla bulunduğunu, uygulanan güç arttıkça elde edilen esansiyel yağ veriminin arttığını belirtmişlerdir.

İtır Esansiyel Yağının Uçucu Bileşenleri

Pelargonium graveolens türü ıtır bitkisinden elde edilen esansiyel yağda bulunan uçucu bileşenlerin tanımlanması ve miktarının belirlenmesi amacıyla GC/MS kullanılmıştır. İtır esansiyel yağında bulunan uçucu bileşenler Çizelge 1'de yer almaktadır.

İtır esansiyel yağının tatlı ve çiçeksi gül kokusunu ifade eden temel uçucu bileşenler sitronelol, sitronelil format ve geraniol olarak belirtilmiştir (Peterson vd., 2006; Bigos vd., 2012; Boukhatem vd., 2013; Singh vd., 2013; Ali vd., 2013). Çizelge 1 incelendiğinde, literatüre benzer biçimde ıtır esansiyel yağındaki temel uçucu bileşenleri sitronelol, sitronelil format, geraniol, linalol ve izomenton oluşturmaktadır. Bu çalışmada, yapılan bazı çalışmalara kıyasla sitronelol ve geraniol miktarı geleneksel hidrodistilasyon metoduyla üretilen ıtır esansiyel yağlarına göre daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte izomenton ve linalol gibi *Pelargonium graveolens* türünde yüksek konsantrasyonlarda bulunabilen uçucu bileşenler

tespit edilmiştir (Peterson vd., 2006; Boukhatem vd., 2013; Singh vd., 2013; Saxena vd., 2004). Sitronelol, ıtır gül kokusu veren diğer bileşenlerden olan cis- ve trans- rose oksit sentezinde öncü bir bileşen olarak kabul edilmektedir (Saxena vd., 2004). Bu çalışmada da ıtır esansiyel yağında mevcut yüksek sitronelol konsantrasyonunun yüksek ve orta konsantrasyonda cis- ve trans- rose oksit oluşumunu etkilediği düşünülmektedir.

Bitkinin yetiştirildiği toprağa bağlı olarak değişmekte olup fosfor içeriği yüksek topraklarda veya fosforlu gübreleme yapılan topraklarda bitkideki 10-epi- γ -eudesmol uçucu bileşiğinin arttığı belirtilmektedir (Pandey ve Patra, 2015). Bazı çalışmalarda yer alan ve düşük konsantrasyonlarda bulunan nerol ile 10-epi- γ -eudesmol bu çalışmada tespit edilememiştir (Bigos vd., 2012; Singh vd., 2013).

Uçucu bileşenlerin tespiti ve miktarı üretim metodunun yanı sıra bitkinin yetiştiği koşullara göre de değişkenlik göstermektedir. Ali vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada bitkinin yetiştiği kaynağa göre sitronelol miktarı %16'dan %0.1'e, sitronelil format miktarı %13.3'ten %1'e, geraniol miktarı %16'dan %0.1'e, izomenton miktarı %7.9'dan tespit edilememesine, linalol miktarı %10.4'ten %0.1'e kadar değiştiği belirtilmiştir.

Terpenler yapılarında 30000'den fazla bileşik içeren en büyük doğal bitki ürünleridir ve aynı zamanda yapısal olarak en geniş tür çeşitlerini içeren terpenlerin; birçok farklı monoterpen (C10), seskiterpen (C15), diterpen (C20), triterpen (C30), tetraterpenler (C40) ve politerpenler (>C40) karbon iskeleti olarak bilinmektedir (Ashour vd., 2018). Bu çalışmada belirlenen uçucu bileşenlerde başlıca monoterpenlere (Degenhardt vd., 2009); β -mirisen, α -pinen, β -filandren, terpinolen, limonen, β -osimen, linalol, γ -terpinen, α -terpineol, geraniol örnek olarak verilebilir. Seskiterpenlere (Degenhardt vd., 2009) ise karyofilen, valencen, δ -kadinen, germakren D, β -elemen, α -kubeben ve δ -kadinen örnek verilmektedir.

İtır Esansiyel Yağının Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarı

İtır esansiyel yağına ve metanollü fenolik ekstraktlarına ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde (TFM) miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’ye göre ıtır bitkisinden hazırlanan metanollü fenolik ekstraktı ıtır esansiyel yağından daha fazla fenolik madde içermekte olup daha yüksek antioksidan aktivite göstermektedir. Metanolün, toplam fenolik madde ekstraksiyonunda iyi bir çözücü olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Boukhris vd., (2013) tarafından metanollü ekstraktlarda antioksidan aktivite ve TFM miktarının yüksek bulunması metanolün fenolik madde ekstraksiyonunda iyi bir çözücü olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Çizelge 2’ye göre

antioksidan aktivite artışının toplam fenolik madde miktarının artmasıyla doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Benzer şekilde toplam fenolik madde miktarı ile radikal süpürme yeteneğinin doğru orantılı olduğu belirtilmektedir (Cavar ve Maksimovic, 2012; Boukhris vd., 2013). Bitkinin bileşimi ve yetiştirilme kaynağına göre antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarı değişebilir (Dzamic vd., 2014; Fayed, 2009). BHT sentetik antioksidan maddesi ile kıyaslandığında, ıtır esansiyel yağının, ABTS radikalini indirgeme etkisinin DPPH radikalini indirgeme etkisine göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Boukhris vd., 2013). Bunun aksine, Dzamic vd., (2014)’e göre ıtır esansiyel yağının DPPH radikalini indirgeme kapasitesi, sentetik antioksidan BHT’den daha yüksek değildir.

Çizelge 2. İtır esansiyel yağı ve metanollü fenolik ekstraktlarına ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde (TFM) miktarı

Table 2. Antioxidant activity and total phenolic substance (TPS) amount of rose-scented geranium essential oil and methanolic phenolic extracts

Örnek/Sample	Antioksidan aktivite TEAC Değeri <i>Antioxidant activity TEAC Value</i>	TFM Miktarı <i>TPS Amount</i>
İtır EY/ <i>Rose-scented geranium EO</i>	0.54±0.004 ¹	58.06±0.12 ³
İtır FE/ <i>Rose-scented geranium PE</i>	76.39±0.69 ²	1478.13±9.38 ⁴

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. / Results are given as mean±standard error.

1: mM troluks/mL yağ 2: mM troluks/g bitki 3: mg GAE/L yağ 4: mg GAE/kg bitki

1: mM trolox/mL oil 2: mM trolox/g plant 3: mg GAE/kg plant 4: mg GAE/kg plant

EY: Esansiyel yağ; FE: Fenolik ekstrakt; GAE: Gallik asit eşdeğeri/EO: Essential oil; PE: Phenolic extract; GAE: Gallic acid equivalent

İtır esansiyel yağında bulunan sitronelol ve geraniol antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerdir ve antikanser aktivitenin de bu bileşenlerle pozitif korelasyon gösterdiği belirtilmektedir (Fayed, 2009). Sitronelol antikanser ve antiinflamatuvar özelliklere sahip, yağda çözünen bir bileşendir. Geraniolün pankreas tümör hücrelerinin büyümesini inhibe ettiği (%60-90) bulunmuştur (Fayed, 2009). Tüm bu sonuçlar ışığında ıtır bitkisinden elde edilen esansiyel yağın veya fenolik ekstrakt fraksiyonlarının doğal antioksidan madde olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

İtır Esansiyel Yağının Antibakteriyel Aktivitesi

Gram (+) bakteri ve Gram (-) bakteri suşları üzerinde ıtır esansiyel yağının inhibisyon etkisinin agar disk difüzyon metoduyla incelendiği bu

çalışmada, ıtır esansiyel yağının *Escherichia coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon çapı 8.44 mm, *Staphylococcus aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon çapı 14.72 mm olarak bulunmuştur. Bu araştırmaya göre ıtır esansiyel yağının Gram (+) bakteri olan *Staphylococcus aureus* suşuna, Gram (-) olan *Escherichia coli* suşundan daha fazla etki ettiği görülmüştür. Benzer şekildeki araştırmalarda ıtır (*P. graveolens*) esansiyel yağının *S. aureus* üzerine inhibisyon etkisinin *E. coli*’ye kıyasla çok daha belirgin olduğu rapor edilmiştir (Dorman ve Deans, 2000; Jirovetz vd., 2006; Rosato vd., 2007). Bakterilerin Gram (+) veya (-) olmasının esansiyel yağların antibakteriyel etkinliğinde önemli bir farklılık oluşturmadığını ileri süren görüşe karşılık, esansiyel yağların antibakteriyel aktivitesine Gram (+) bakterilerin Gram (-) bakterilerden daha dirençli olduğunu belirten

görüşler de bulunmaktadır (Dorman ve Deans, 2000). Bir başka görüşe göre de ıtır esansiyel yağı, Gram (+) bakterilere Gram (-) bakterilerden daha etkilidir (Ghannadi vd., 2012; Hsouna ve Hamdi, 2012; Boukhatem vd., 2013). Ayrıca bitki türüne göre değişen esansiyel yağlar arasında ve/veya farklı bitki türlerinde Gram (+) ve Gram (-) bakteriler üzerinde eşit antibakteriyel etki görülebileceği belirtilmiştir (Dorman ve Deans, 2000).

Temel aroma bileşenleri citronellol, geraniol ve bunların bazı türevlerinin, ıtır esansiyel yağının antibakteriyel aktivitesi ve maya, küf üzerinde kritik etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Orta veya

yüksek konsantrasyonda bulunan temel uçucu bileşenler ile düşük konsantrasyonda bulunan antibakteriyel etkiye sahip bileşenlerin kombinasyonu sonucu bu inhibisyon etki oluşabilmektedir (Jirovetz vd., 2006).

Elma Suyu Uygulamasında Toplam Canlı Aerobik Mezofilik Bakteri (TCAMB) ve Maya-Küf Sayımı

Depolama boyunca kontrol grubunda ve farklı konsantrasyonlarda ıtır esansiyel yağı eklenen grupta toplam canlı aerobik mezofilik bakterilerine ait sayım sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. İtır esansiyel yağı eklenen elma suyunda depolama boyunca toplam canlı aerobik mezofilik bakteri sayısı (log (kob/mL))
Table 3. Total viable aerobic mesophilic bacteria count in apple juice with rose-scented geranium essential oil added during storage. (log (cfu/mL))

Grup Group	Konsantrasyon/ Concentration (µL/100 mL elma suyu/ apple juice)	Depolama/ storage		
		0.gün/ day	7.gün/ day	15.gün/ day
Kontrol (DMSO'lu) Control	2.5	2.97±0.01 ^{AcI}	3.28±0.01 ^{AbI}	3.68±0.01 ^{AaI}
	5	2.95±0.04 ^{AcI}	3.31±0.01 ^{AbI}	3.75±0.02 ^{AaI}
	7.5	2.96±0.02 ^{AcI}	3.30±0.02 ^{AbI}	3.73±0.02 ^{AaI}
İtır esansiyel yağı (EY+DMSO) rose-scented geranium essential oil	2.5+2.5	2.94±0.02 ^{AcI}	3.17±0.01 ^{AbI}	3.71±0.01 ^{AaI}
	5+5	2.82±0.01 ^{AcI}	3.01±0.03 ^{AbII}	3.55±0.01 ^{AaII}
	7.5+7.5	2.68±0.03 ^{BbII}	2.71±0.04 ^{BbII}	2.93±0.08 ^{BaII}

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. / Results are given as mean±standard error.

^{A-B}Aynı grup ve aynı depolama gününde farklı büyük harflerle gösterilen konsantrasyon ortalamaları arasındaki farklar önemlidir (P ≤0.05).

^{A-B}The differences between the concentration averages shown in different uppercase letters on the same group and the same storage day are significant (P ≤0.05).

^{a-c}Aynı grup ve aynı konsantrasyonda farklı küçük harflerle gösterilen depolama günü ortalamaları arasındaki farklar önemlidir (P ≤0.05).

^{a-c}The differences between the storage day averages of the same group and the same concentration, shown in different lowercase letters, are significant (P ≤0.05).

^{I-II}Aynı depolama günü ve aynı konsantrasyonda farklı Romen rakamlarıyla gösterilen grup ortalamaları arasındaki farklar önemlidir (P ≤0.05).

^{I-II}The differences between the group averages indicated by different Romen numerals at the same storage day and at the same concentration are significant (P ≤0.05).

kob: koloni oluşturan birim

cfu: colony forming unit

Toplam canlı gelişimi ve inhibisyonu üzerine grup, konsantrasyon ve bağımlı değişken olan depolama günü faktörlerinin üçlü interaksyonu önemli bulunmuştur. Kontrol grubu incelendiğinde aynı depolama gününde DMSO konsantrasyonunun bir etkisi görülmemiştir. Bu nedenle itir esansiyel yağının çözündürülmesinde kullanılan DMSO'nun inhibisyon üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür ($P \leq 0.05$). Randhawa (2006)'ya göre DMSO'nun hücre zarında bulunan porlara etki ederek hücre bütünlüğünün bozulmasına sebep olduğu ve böylece inhibitör etkisinin bulunduğu belirtilmektedir. Fakat bu inhibitör etkinin kullanılan doz ile ilişkili olduğu, inhibitör etkinin %0.25'ten başladığı ve konsantrasyon arttıkça arttığı belirtilmektedir. Çalışmamızda da düşük konsantrasyonlarda kullanılan DMSO'nun inhibitör etkisinin gözlenmediği saptanmıştır.

İtir esansiyel yağı eklenen grup için konsantrasyon farkları incelendiğinde aynı gün için en yüksek etki 7.5 µL konsantrasyonunda görülürken, 2.5 µL ve 5 µL konsantrasyonları arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($P \leq 0.05$).

Kontrol grubunda aynı konsantrasyonda depolama günü uzadıkça bakteri sayısı artarken,

benzer biçimde, 2.5 µL ve 5 µL konsantrasyonlarında itir esansiyel yağı eklenen grupta depolama günü arttıkça bakteri sayısı artmıştır. 7.5 µL konsantrasyonunda 0. gün ve 7. gün arasında depolama günü artışının önemli bir etkisi görülmezken, 15. günde depolama günü etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$).

İtir esansiyel yağı içeren grup ile kontrol grubu karşılaştırıldığında 0. günde 2.5 µL ve 5 µL esansiyel yağ konsantrasyonlarının önemli bir inhibisyon etkisi görülmezken 7.5 µL esansiyel yağ konsantrasyonu önemli bir inhibisyon etki göstermiştir. Fakat depolama ilerledikçe 7. gün ve 15. günde 2.5 µL esansiyel yağ konsantrasyonu önemli bir etki göstermezken, 5 µL ile 7.5 µL esansiyel yağ konsantrasyonları önemli bir etki göstermiştir ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$).

Elma suyu örneklerinin maya ve küf sayımı sonuçları Çizelge 4'te yer almaktadır. Maya ve küf sayısı üzerine depolama günü ve grup faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemli olmuştur. Toplam canlı sayımında olduğu gibi maya ve küf inhibisyonu üzerine DMSO'nun kullanılan konsantrasyonları etki etmemiştir.

Çizelge 4. İtir esansiyel yağı eklenen elma suyunda depolama boyunca maya ve küf sayısı (log (kob/mL))
Table 4. Yeast and mold counts in apple juice with rose-scented geranium essential oil added during storage (log (cfu/mL))

Grup Group	Konsantrasyon/ Concentration (µL/100 mL elma suyu/apple juice)	Depolama/storage			Ortalama/ Mean
		0. gün/day	7. gün/day	15. gün/day	
Kontrol (DMSO'lu) Control	2.5	3.39±0.02	3.53±0.03	4.18±0.13	3.71±0.09 ^A
	5	3.45±0.02	3.49±0.04	4.21±0.02	
	7.5	3.41±0.04	3.45±0.05	4.29±0.01	
İtir esansiyel yağı (EY+DMSO)	2.5+2.5	3.20±0.03	3.22±0.10	4.09±0.09	3.43±0.10 ^B
	5+5	3.16±0.02	3.13±0.13	4.01±0.02	
Rose-scented geranium essential oil	7.5+7.5	3.18±0.07	3.06±0.02	3.79±0.18	
	Ortalama/Mean	3.30±0.04 ^b	3.31±0.06 ^b	4.09±0.06 ^a	

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. / Results are given as mean±standard error.

^{a-b}Farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

^{a-b}The differences between the averages shown in different lowercase letters are significant ($P \leq 0.05$).

^{A-B}Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

^{A-B}The differences between the averages shown in different capital letters are significant ($P \leq 0.05$).

kob: koloni oluşturan birim

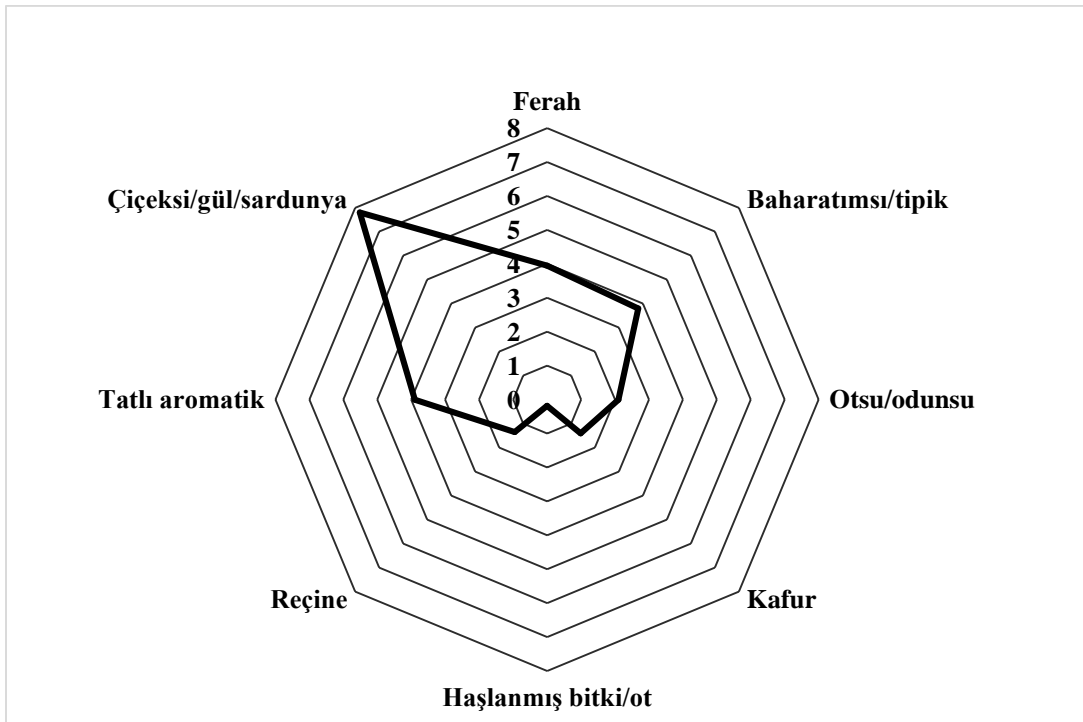
cfu: colony forming unit

Çizelge 4'e göre kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ıtır esansiyel yağının maya ve küf üzerine konsantrasyondan bağımsız olarak önemli bir etkisi olmuştur ($P \leq 0.05$). 0. günden 7. güne depolamanın maya ve küf gelişimi üzerine önemli bir etkisi görülmezken, 15.günde depolamanın önemli bir etki gösterdiği görülmektedir ($P \leq 0.05$). Gram (+) ve Gram (-) bakterilerde olduğu gibi mayaların inhibisyonu üzerinde de uçucu bileşenlerin miktar ve kombinasyonu önem taşımaktadır. Örneğin sitronelol, sitronelal, sitronelil izobütirat ve neril

asetat içeriği yüksek bir esansiyel yağın maya üzerindeki etkisi düşük bulunmuştur (Jirovetz vd., 2006). Bu nedenle mayalar üzerindeki inhibisyon etkisinin bakterilere göre daha az olması, ıtır esansiyel yağı içeriğinde belirtilen bileşenlerin bulunma yoğunluğuna ve kombinasyonuna bağlanabilir.

Duyusal Analizler

İtır esansiyel yağına ait ve duyuşal değerlendirme yöntemiyle belirlenen karakteristik tanımlayıcı aroma terimleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İtır esansiyel yağına ait tanımlayıcı özellikler
Figure 1. Descriptive characteristics of rose-scented geranium essential oil

Şekil 1'e göre çiçeksi/gül/sardunya özelliği ıtır esansiyel yağı için en belirgin tanımlayıcı özellik olmuştur. Gül benzeri kokuyu sağlayan sitronelol ve geraniol uçucu bileşenleridir (Lapczynski vd., 2008; Chen ve Viljoen, 2010). Rose oksit bileşeni çiçeksi koku sağlarken otsu ve meyvemsi kokuyu da desteklemektedir (Yamamoto vd., 2002). Çiçeksi kokuyu sağlayan diğer önemli uçucu bileşen linalol bileşenidir (Buccellato, 1982; Högnadottir ve Rouseff, 2003). Geraniol format, germakren D, filandren, p-simen, α-pinen gibi

daha düşük miktarlarda bulunan bileşenler ise tatlı, meyvemsi koku sağlamaktadır (Högnadottir ve Rouseff, 2003; Gomes vd., 2007). Taze, ferah koku yüksek konsantrasyonda bulunan izomenton ve takiben menton, geraniol gibi uçucu bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Gomes vd., 2007). Odunsu kokuya sahip muurolen, kubeben, elemen gibi düşük konsantrasyonlarda bulunan bileşenler esansiyel yağta odunsu ve reçinemsi kokuyu da vermektedir (Buccellato, 1982). Pelargonium esansiyel yağlarının karakterinde

bulunan fakat istenmeyen haşlanmış bitki kokusuna düşük miktarda da olsa rastlanmıştır (Gomes vd., 2007). En belirgin tanımlayıcı olan çiçeksi ve gül benzeri koku geraniol ve sitronelol uçucu bileşenlerinden kaynaklanırken; tatlı aromatik ve meyvemsi kokunun bu bileşenlerin formatları, asetatları ve tıglatları tarafından sağlandığı belirtilmektedir (Gomes vd., 2007).

Farklı konsantrasyonlarda ıtır esansiyel yağı eklenen elma suyuna tüketici testi uygulanmış olup, sonuçlar Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 5. Elma suyuna eklenen farklı konsantrasyonlardaki ıtır esansiyel yağına ait sıralama sonuçları
Table 5. Ranking results of rose-scented geranium essential oil in different concentrations added to apple juice

	Konsantrasyon/ Concentration ($\mu\text{L}/100\text{ mL}$ elma suyu/ apple juice)		
	2.5	5	7.5
Sıralama/ Ranking	1.50 ^b	1.84 ^b	2.66 ^a

1: En çok beğenilen, 3: En az beğenilen/ 1: Most liked, 3: Least liked

^{a-b}Farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

^{a-b}The differences between the means shown in different lowercase letters are significant ($P \leq 0.05$).

SONUÇ

Çalışmada *Pelargonium graveolens* cinsi olan gül kokulu sardunya diğer adıyla ıtır bitkisinden mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemi ile elde edilen esansiyel yağın karakteristik bazı özellikleri incelenmiştir. İtır esansiyel yağının antioksidan aktivitesi olduğu belirlenmiştir ve doğal antioksidan madde olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Antibakteriyel aktivitesi incelendiğinde ise, çalışılan suşlar üzerindeki inhibisyon etkisinin *Escherichia coli*'ye kıyasla *Staphylococcus aureus* üzerinde çok daha belirgin olduğu saptanmıştır.

Tüketici tercihi ve ıtır esansiyel yağının depolama üzerine etkisi göz önüne alındığında, aerobik mezofil bakterilerin inhibisyonu üzerine en etkili konsantrasyon 100 mL elma suyunda 7.5 μL konsantrasyonu iken, tüketici bakımından bu katkı oranının en düşük beğeni skoruna sahip olduğu görülmektedir. En beğenilen doz olan 100 mL elma suyunda 2.5 μL konsantrasyonun ise aerobik mezofil bakterilerin inhibisyonu üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Maya ve küf inhibisyonu üzerine de konsantrasyon farkı önemli bulunmadığından 100 mL elma suyunda 5

Değerlendirmeye katılan panelistler 100 mL elma suyunda 2.5 μL ve 5 μL ıtır esansiyel yağı içeren konsantrasyonları daha çok beğenmiştir ve bu iki konsantrasyon arasında beğeni açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Bunun yanı sıra 100 mL elma suyunda 7.5 μL ıtır esansiyel yağı bulunan konsantrasyon daha az beğenilmiştir ($P \leq 0.05$). Raf ömrü çalışması ve tüketici beğeni göz önünde bulundurulduğunda ıtır esansiyel yağı eklenmiş elma suyunun piyasada yeni bir ürün olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

μL konsantrasyonunda esansiyel yağ kullanımının hem raf ömründe hem de tüketici beğenisinde tercih edilebilir konsantrasyon olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2020-3266 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu araştırma makalesinin herhangi bir kişi ve/veya kurum ile çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

YAZAR KATKILARI

Pelin Aydınlık araştırma konusunun tasarlanması, analizlerin gerçekleştirilmesi ve takibi, sonuçların değerlendirilmesi, istatistiksel analizler ve makale taslağının yazımını gerçekleştirmiştir. Yonca Yüceer araştırmanın süreç yönetimini, analizlerin metodolojisini, makale taslağının incelenmesini/düzeltilmesini ve bu projenin yürütücülüğünü yapmıştır.

KAYNAKLAR

- Ali, A., Murphy, C. C., Demirci, B., Wedge, D. E., Sampson, B. J., Khan, I. A., Tabanca, N. (2013). Insecticidal and biting deterrent activity of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) essential oils and individual compounds against *Stephanitis pyrioides* and *Aedes aegypti*. *Pest Manag Sci*, 69(12), 1385-1392. doi: 10.1002/ps.3518
- Anonymous, (1987). Baharat-Rutubet Miktarı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü 2134, Ankara.
- Anonymous, (2013). Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği. 16.02.2009 tarih ve 28614 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Ashour, M., Wink, M., Gershenzon, J. (2018). Biochemistry of terpenoids: monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes. *Annu Plant Rev Online*, 258-303. doi: 10.1002/9781119312994.apr0427
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.
- Bigos, M., Wasiela, M., Kalembe, D., Sienkiewicz, M. (2012). Antimicrobial activity of geranium oil against clinical strains of *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 17(9), 10276-10291. doi: 10.3390/molecules170910276
- Boukhatem, M. N., Kameli, A., Saidi, F. (2013). Essential oil of Algerian rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens. *Food Control*, 34(1), 208-213. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.03.045
- Boukhris, M., Simmonds, M. S., Sayadi, S., Bouaziz, M. (2013). Chemical composition and biological activities of polar extracts and essential oil of rose-scented geranium, *Pelargonium graveolens*. *Phytother Res*, 27(8), 1206-1213. doi: 10.1002/ptr.4853
- Buccellato, F. (1982). Ylang survey. *Perfum. Flavor*, 7(4), 9-13.
- Cavar, S., Maksimović, M. (2012). Antioxidant activity of essential oil and aqueous extract of *Pelargonium graveolens* L'Her. *Food Control*, 23(1), 263-267. doi: 10.1016/j.foodcont.2011.07.031
- Cemeroğlu, B., (2007). *Gıda Analizleri* (4. baskı). Bizim Grup Basımevi, Ankara. 3-24.
- Charlwood, B. V., Charlwood, K. A. (1991). *Pelargonium* spp. (Geranium): in vitro culture and the production of aromatic compounds. In *Medicinal and Aromatic Plants III* (pp. 339-352). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-84071-5_20
- Chen, W., Viljoen, A. M. (2010). Geraniol—a review of a commercially important fragrance material. *S Afr J Bot*, 76(4), 643-651. doi: 10.1016/j.sajb.2010.05.008
- Cuvelier, M. E., Richard, H., Berset, C. (1996). Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. *J Am Oil Chem Soc*, 73(5), 645-652. doi: 10.1007/BF02518121
- Dean, E. W., Stark, D. D. (1920). A Convenient Method for the Determination of Water in Petroleum and Other Organic Emulsions. *J Ind Eng Chem*, 12(5), 486-490. doi: 10.1021/ie50125a025
- Degenhardt, J., Köllner, T. G., Gershenzon, J. (2009). Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants. *Phytochemistry*, 70(15-16), 1621-1637. doi: 10.1016/j.phytochem.2009.07.030
- Dorman, H. D., Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J Appl Microbiol*, 88(2), 308-316. doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x
- Džamić, A. M., Soković, M. D., Ristić, M. S., Grujić, S. M., Mileski, K. S., Marin, P. D. (2014). Chemical composition, antifungal and antioxidant activity of *Pelargonium graveolens* essential oil. *J Appl Pharm Sci*, 4(03), 001-005. doi: 10.7324/JAPS.2014.40301
- Erdoğan, A. E., Everest, A. (2013). Antimikrobiyal ajan olarak bitki bileşenleri. *Turkish Journal of Scientific Reviews*, 6(2), 27-32. ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132
- Fardhyanti, D. S., Sediawan, W. B., Hisyam, A. (2019). Kinetics of mace (*Myristicae arillus*) essential oil extraction using microwave assisted

- hydrodistillation: Effect of microwave power. *Ind Crop and Prod*, 131, 315-322. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.01.067
- Fayed, S. A. (2009). Antioxidant and anticancer activities of *Citrus reticulata* (Petitgrain Mandarin) and *Pelargonium graveolens* (Geranium) essential oils. *Res J Agric Biol Sci*, 5(5), 740-747.
- Feglo, P., Sakyi, K. (2012). Bacterial contamination of street vending food in Kumasi, Ghana. *Journal of Medical and Biomedical Sciences*, 1(1), 1-8. ISSN: 2026-6294
- Ghannadi, A., Bagherinejad, M. R., Abedi, D., Jalali, M., Absalan, B., Sadeghi, N. (2012). Antibacterial activity and composition of essential oils from *Pelargonium graveolens* L'Her and *Vitex agnus-castus* L. *Iran J Microbiol*, 4(4), 171.
- Gomes, P. B., Mata, V. G., Rodrigues, A. E. (2007). Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *J Supercrit Fluids*, 41(1), 50-60. doi: 10.1016/j.supflu.2006.08.018
- Guenther, E., Althausen, D. (1948). *The essential oils* (Vol. 1, p. 774). New York: Van Nostrand.
- Hammer, K. A., Carson, C. F., Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J Appl Microbiol*, 86 (6), 985-990. doi: 10.1046/j.1365-2672.1999.00780.x
- Högnadóttir, Á., Rouseff, R. L. (2003). Identification of aroma active compounds in orange essence oil using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A*, 998(1-2), 201-211. doi: 10.1016/S0021-9673(03)00524-7
- Hsouna, A. B., Hamdi, N. (2012). Phytochemical composition and antimicrobial activities of the essential oils and organic extracts from *Pelargonium graveolens* growing in Tunisia. *Lipids Health Dis*, 11(1), 167. doi: 10.1186/1476-511X-11-167
- Jirovetz, L., Eller, G., Buchbauer, G., Schmidt, E., Denkova, Z., Stoyanova, A., Geissler, M. (2006). Chemical composition, antimicrobial activities and odor descriptions of some essential oils with characteristic floral-rosy scent and of their principal aroma compounds. *Recent Research Developments in Agronomy & Horticulture*, 2, 1-12.
- Kaya, D., Ergönül, P. G. (2015). *Uçucu yağları elde etme yöntemleri*. *GIDA*, 40(5), 303-312. doi: 10.15237/gida.GD15014
- Kırca, A., Arslan, E. (2008). Antioxidant capacity and total phenolic content of selected plants from Turkey. *Int J of Food Sci Tech*, 43(11), 2038-2046. doi: 10.1111/j.1365-2621.2008.01818.x
- Kürekçi, C., Sakin, F. (2017). Uçucu Yağlar: Antimikrobiyal Açından Uçucu Yağlar: In-Vitro ve In-Vivo Çalışmalar. *Türkiye Klinikleri J Anim Nut & Nutr Dis-Special Topics*, 3(1), 15-20.
- Lapczynski, A., Bhatia, S. P., Letizia, C. S., Api, A. M. (2008). Fragrance material review on dl-citronellol. *Food Chem Toxicol*, 46(11), S103-S109. doi: 10.1016/j.fct.2008.06.043
- Meilgaard, M., Civille, G. V., Carr, B. T., (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3. baskı). CRC Press Taylor & Francis Group, FL, ABD. 161-170. ISBN: 1420005561
- Pandey, V., Patra, D. D. (2015). Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L'Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers. *Ind Crop Prod*, 67, 257-263. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.01.042
- Peterson, A., Machmudah, S., Roy, B. C., Goto, M., Sasaki, M., Hirose, T. (2006). Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide. *J Chem Technol & Biotechnol: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 81(2), 167-172. doi: 10.1002/jctb.1375
- Rahman, A. N. A., Mohamed, A. A. R., Mohammed, H. H., Elseddawy, N. M., Salem, G. A., El-Ghareeb, W. R. (2020). The ameliorative role of geranium (*Pelargonium graveolens*) essential oil against hepato-renal toxicity, immunosuppression, and oxidative stress of profenofos in common carp, *Cyprinus carpio* (L.). *Aquaculture*, 517, 734777. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734777
- Randhawa, M. A. (2006). The effect of dimethyl sulfoxide (DMSO) on the growth of dermatophytes. *Nippon Ishinkin Gakkai Zasshi*, 47(4), 313-318. doi: 10.3314/jjmm.47.313

- Ravindra, N. S., Kulkarni, R. N. (2015). Essential oil yield and quality in rose-scented geranium: Variation among clones and plant parts. *Sci Horti- Amsterdam*, 184, 31-35. doi: 10.1016/j.scienta.2014.12.023
- 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 Bio Med*, 26(9-10), 1231-1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Rosato, A., Vitali, C., De Laurentis, N., Armenise, D., Milillo, M. A. (2007). Antibacterial effect of some essential oils administered alone or in combination with Norfloxacin. *Phytomedicine*, 14(11), 727-732. doi: 10.1016/j.phymed.2007.01.005
- Rosato, A., Maggi, F., Cianfaglione, K., Conti, F., Ciaschetti, G., Rakotosaona, R., Corbo, F. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of seven uncommon essential oils. *J Essent oil Res*, 30(4), 233-243. doi:10.1080/10412905.2018.1442753
- Saxena, G., Banerjee, S., Gupta, R., Laiq-ur-Rahman, Tyagi, B. R., Kumar, S., Ramesh, S. (2004). Composition of the essential oil of a new isomenthone-rich variant of geranium obtained from geraniol-rich cultivar of *Pelargonium* species. *J Essent Oil Res*, 16(2), 85-88. doi: 10.1080/10412905.2004.9698658
- Singh, M., Singh, U. B., Ram, M., Yadav, A., Chanotiya, C. S. (2013). Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L. Her.) as influenced by intercropping with garlic (*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. *Ind Crop Prod*, 46, 234-237. doi: 10.1016/j.indcrop.2013.01.032
- Tournas, V. H., Heeres, J., Burgess, L. (2006). Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. *Food Microbiol*, 23(7), 684-688. doi: 10.1016/j.fm.2006.01.003
- Wells, R., Lis-Balchin, M. (2002). 22 Perfumery and cosmetic products utilising Geranium oil. *Geranium and Pelargonium: History of Nomenclature, Usage and Cultivation*, 247. ISBN: 9780203216538
- Yamamoto, T., Matsuda, H., Utsumi, Y., Hagiwara, T., Kanisawa, T. (2002). Synthesis and odor of optically active rose oxide. *Tetrahedron Lett*, 43(50), 9077-9080. doi: 10.1016/S0040-4039(02)02311-0



DOMATES ÖRNEKLERİNDE KURŞUN VE KADMIYUM KONTAMİNASYONUNUN SAĞLIK RİSK DEĞERLENDİRİLMESİ

Serpil Kılıç*

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Elektrik ve Otomasyon Bölümü, Isparta, Türkiye

Geliş / *Received*: 10.05.2021; Kabul / *Accepted*: 03.08.2021; Online baskı / *Published online*: 18.08.2021

Kılıç, S. (2021). Domates örneklerinde kurşun ve kadmiyum kontaminasyonunun sağlık risk değerlendirilmesi. *GIDA* (2021) 46 (5) 1132-1137 doi: 10.15237/gida.GD21085

Kılıç, S. (2021). *Health risk assessment of lead and cadmium contamination in tomato samples. GIDA (2021) 46 (5) 1132-1137 doi: 10.15237/gida.GD21085*

ÖZ

Sebzeler, insan beslenmesinin hayati bir bileşeni olan önemli bir tarımsal üründür. Yaygın olarak tüketilen domateste toksik elementlerin varlığı, olası olumsuz sağlık etkileri nedeniyle büyük endişe kaynağıdır. Bu çalışmada, farklı pazarlardan temin edilen 18 adet domates örneğinin kadmiyum ve kurşun içeriği araştırıldı. Örneklerdeki element konsantrasyonları, İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP MS) kullanılarak belirlendi. Metot validasyonu; doğruluk, geri kazanım, tespit limiti ve miktar tayini limitinin değerlendirilmesi için uygulandı. Metot validasyonu için sertifikalı referans madde olarak ERM-BC084 Tomato Paste kullanıldı. Sonuçlar, WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından sebzeler için elementlerin parametrik değerleri ile karşılaştırıldı. Araştırmalar sonucunda bölgedeki tüketim miktarları dikkate alınarak sağlık açısından risk analizi yapıldı. Hedef Tehlike Katsayısı (THQ) maruziyet değerleri, 1'den küçük olduğu için önemli bir kanserojen etki riski olmadığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Domates, ICP-MS, risk değerlendirilmesi

HEALTH RISK ASSESSMENT OF LEAD AND CADMIUM CONTAMINATION IN TOMATO SAMPLES

ABSTRACT

Vegetables are a major agricultural product that is a vital component of the human diet. The presence of toxic elements in widely consumed tomato is a matter of great concern due to possible negative health effects. In this study monitors the lead and cadmium composition of tomato in bazaar Antalya and discusses the compositional parameters. Element concentrations in the samples were determined using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP MS). Method validation; It was applied to evaluate the linearity, recovery, detection limit and quantification limit. ERM-BC084 Tomato Paste was used as certified reference material for method validation. The results were compared with the parametric values of the elements for vegetables by the WHO (World Health Organization). As a consequence of these investigations, a health risk analysis was carried out by taking into account the amount of consumption in the region. The Target Hazard Quotient (THQ) values less than 1 show that there is no major risk of carcinogenic effects to those exposed.

Keyword: Tomato, ICP-MS, risk assessment

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ serpillkic@isparta.edu.tr

☎ (+90) 246 214 6916

☎ (+90) 246 237 1717

Serpil Kılıç; ORCID no: 0000-0002-4940-1839

GİRİŞ

Sağlıklı yaşam üzerine etkili olan en önemli parametreler çevre, su, toprak ve gıdalardır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte hızla artan dünya nüfusu, endüstri ve sanayi atıkları, bulunduğumuz ortamları her geçen gün kirleterek çevre sağlığını ve gıda kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Çevre sağlığı açısından özellikle ürün miktarının artırılması ve yüksek üretim sağlanan tarım ürünlerinde kullanılan kimyasallar dikkat çekmektedir. Bu alanlardaki toksik metaller beslenme zinciri içerisinde üst seviyelere doğru birikim gösterirler. Bu kirleticiler giderek artan bir oranda besin zincirinin üst tabakalarına taşınarak, canlılara ve özellikle insanlara zarar vermektedir (Türkoğlu, 2008). Gıdalardaki element kontaminasyonu ile ilişkili sonuçlar, özellikle sebzeler gibi yaygın olarak tüketilen tarım ürünlerinde büyük endişe kaynağıdır. Bilindiği gibi domates dünyada en çok yetiştirilen sebzelerden biridir. Türkiye, dünyadaki en büyük taze ve endüstriyel domates üreticileri ve ihracatçılarından biri olarak toplam domates üretiminde dünya çapında dördüncü (Çin, ABD ve Hindistan'dan sonra) sırada yer almaktadır (Aksoy ve Kaymak, 2016). Bu durum arazi ve seralardaki domates üretiminin artmasıyla ekonominin büyümesinde önemli derecede etkili olmaktadır. Türkiye'de kişi başı yıllık taze domates tüketimi 118.6 kg'ın üzerindedir. Bu miktar, AB'den ve dünyanın en önemli domates üreten ülkelerinin çoğundan 3-4 kat daha fazladır (Durmuş vd., 2018).

Günümüzde, yaygın olarak tüketilen domateslerdeki kullanılan kimyasallar nedeniyle ortaya çıkan toksik elementlerin varlığı, olumsuz sağlık etkileri nedeniyle büyük endişe kaynağı olmaktadır. Özellikle kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) gibi elementler eser miktarlarda bile toksik etkiler sergiler (Güler ve Can, 2017). Kurşun, kireç taşından, kurşun yatağından ve yağmurla birlikte doğal suya karışarak besin zincirine katılarak canlıların vücudunda birikir. Gıdalardaki kurşun hücre zarı geçirgenliğini bozarlar. Kurşun bileşikleri Uluslararası Kansere Araştırma Ajansı tarafından 2A kanserojen olarak sınıflandırılır. Kadmiyum ise metal arıtma tesisleri, kadmiyum içeren plastik ve metal atıklarından çevreye yayılan

kadmiyum, çevrenin (toprak, su ve hava) ve bu arada tarım ürünleri ile besinlerin kirlenmesine yol açar. Kadmiyum hücre içinde bulunana kofaktör ve koenzim görevlerinin inhibe eder. Bu durum iskelet ve solunum sistemleri, böbrekler üzerinde toksik etkiler gösterir ve insanlarda kanserojen olarak sınıflandırılır (IPCS, 1992; Tchounwou vd., 2012).

Bu nedenle sofralarımızdan eksik etmediğimiz özellikle seracılığın yoğun olduğu Antalya bölgesinde yetiştirilen domates örnekleri tercih edilmiştir. Bunun için 2019 yılı içerisinde farklı pazar yerlerinden temin edilen 18 adet domates örneklerinde kurşun ve kadmiyum konsantrasyonu ICP-MS cihazı kullanılarak tayin edilmiştir. Önce metod validasyonu ile analiz metodunun güvenilirliği ortaya konulmuş, yöntemin doğruluk, tespit limiti (LOD), tayin limiti (LOQ) ve kazanım (%) gibi analitik performans çalışmaları belirlenmiştir. Sonrasında numune analiz sonuçları, izin verilen sınırlar ve hedef tehlike katsayısı (THQ) ile kontrol edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Kimyasallar ve Cihazlar

Kalibrasyon standartları (Pb ve Cd), 10 mg L⁻¹ multi element standart çözeltiden (Perkin Elmer) hazırlandı. Nitrik asit (HNO₃, Suprapure® % 65) ve hidrojen peroksit (H₂O₂, Suprapure® % 30) Merck'ten (Almanya) satın alındı. Ultra saf su, Millipore Elix 10 UV, Milli-Q Syntesis marka saf su sistemi ile elde edildi. Domates analizinde yapılacak metal tayininde parçalama işlemi için Mikrodalga sistemi (Berghof Speedwave® Four Microwave Digestion System, Almanya), ağır metal tayini için ICP-MS (Perkin Elmer ELAN-DRC-e model) cihazları kullanıldı.

Numunelerin Hazırlanması

Antalya'daki farklı pazarlardan 18 adet domates örnekleri satın alındı. Satın alınan örnekler laboratuvara getirildi. Parçalayıcıda homojen hale getirilmiş olan her bir örnekten yaklaşık 0.2 g tartılarak mikrodalga ünitesinin teflon kapları içine konularak ve üzerine 5 mL HNO₃ ve 2 mL H₂O₂ eklendi. Mikrodalga ünitesinin sıcaklık koşulları 70 °C'den 150 °C'ye 5 dk ve ardından 190

°C'ye 15 dk artış sonrasında tekrar 70 °C'de 10 dk soğuma süresi şeklinde programlanarak numunelerin tamamen çözünür hale getirilmesi sağlandı (Kılıç ve Kılıç 2019). Yakma işlemi sonucunda örnekler oda sıcaklığına soğutulularak hacimleri 25 mL'ye ultra saf su kullanılarak

tamamlanmıştır. Sertifikalı referans materyal olarak ERM-BC084 tomato paste kullanıldı. Numuneler, Çizelge 1'de çalışma şartları verilen ICP-MS cihazında analiz edilmiştir.

Çizelge 1. ICP-MS Çalışma Koşulları
Table1. ICP-MS Operating Conditions

Spektrometre/ <i>Spectrometer</i>	Elan DRC-e (Perkin Elmer SCIEX, Norwalk, CT, USA)
Örnek girişi/ <i>Sample introduction</i>	Scott Spray Chamber
RF gücü/ <i>RF Power</i>	1000
Skimmer cone/ <i>Skimmer cone</i>	Nikel/ <i>Nickel</i>
Sample cone/ <i>Sampler cone</i>	Nikel/ <i>Nickel</i>
Gaz akış oranı/ <i>Gasflowrates (L min-1)</i>	Nebulizer gaz akışı/ <i>Nebulizer gas flow</i> : 0.91, Auxiliary gaz akışı/ <i>Auxillarygas flow</i> :1.20, Plazma gaz akışı/ <i>Plasma gas flow</i> :18
Nebulizer/ <i>Nebulizer</i>	Meinhard TQ plus Quartz 0.5 ml
Tarama modu/ <i>Scannigmode</i>	Pik sekmesi/ <i>Peak hopping</i>
Analitik kütleler/ <i>Analytica lmasses (amu)</i>	Standart mod/ <i>Standart mode</i> ²⁰⁸ Pb, ¹¹¹ Cd
Tarama okuma sayısı/ <i>Number of sweeps/ reading</i>	20
Okuma tekrar sayısı/ <i>Number of readings/ replicate</i>	1
Tekrar sayısı/ <i>Number of replicates</i>	3
Oto örnekleme/ <i>Auto sampler</i>	CETAX ASX-520
Bekleme süresi/ <i>Dwell time per AMU (ms)</i>	50
Örnek yıkama/ <i>Sample flush</i>	Zaman/ <i>Time</i> (50), hız/ <i>speed</i> (+/- rpm)-48
Erteleme/ <i>Read delay</i>	Zaman/ <i>Time</i> (15), hız/ <i>speed</i> (+/- rpm)-20

Metot Validasyonu

Metot validasyonu, kullanılan analiz metodunun doğru olarak uygulanabilirliğin ölçüm sonuçlarına göre doğruluk/kesinlik değerlerini ortaya koymak için yapılmaktadır (Taverniers vd., 2004). Analizlerinin doğruluğu ERM-BC084 tomato paste'ye göre kontrol edildi. Metodun performansı, kalibrasyon eğrileri ve doğrusalık, tespit limitleri (LOD), tayin limitleri (LOQ), geri kazanım ve tekrarlanabilirlik değerlendirildi. Doğrusallığı kontrol etmek için bir kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. LOD, standart sapmanın üç katı, LOQ ise standart sapmanın on katı olarak

hesaplandı. Metot validasyon sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Risk Değerlendirmesi

Önemli sağlık sorunlarına neden olmalarından dolayı gıdalardaki ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi ve/veya azaltılması amacıyla bazı ulusal ve uluslararası düzenlemeler/standartlar mevcuttur. Bu çerçevede Gıda Katkıları Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) (1993) tarafından ağır metallerin tolere edilebilir haftalık alım düzeylerini belirlemiştir. Ağır Metallerin Tolere Edilebilir

Günlük Alım Miktarı (EDI) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$EDI = (CxW)/BW \quad (1)$$

C, metalin miktarı; W, günlük ortalama tüketim miktarı (kg/gün); BW, Toplam vücut ağırlığı (kg) BW: 72.8 (TUIK, 2018)

Sağlık Risk Analizi hesaplamasında ise; domates tüketiminden kaynaklanan sağlık riskleri, hedef tehlike oranına (THQ) göre değerlendirildi.

$$ADD = \frac{(C \times IR \times EF \times ED)}{(BW \times AT)} \times 10 - 3 \quad (2)$$

EF maruziyet sıklığı (365 gün / yıl);
ED, ömür boyu (70 yıl) maruz kalma süresi,
FI, ortalama alma oranı (301 gr / kişi / gün);
MC domatesteki metal konsantrasyonudur (µg/g) ve
AT ortalama ömrü (70 yıl x 365 gün);
THQ hedef tehlike bölgesi;

$$THQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (3)$$

USEPA (2011) ve Amirah vd., (2013) tarafından önerilen Cd ve Pb için oral referans dozu (RfD),
RfD Cd=1x10⁻³mg/kg/gün
RfD Pb=4x10⁻³mg kg/gün olarak bildirilmiştir.

Çizelge 2. Elementlerin metot validasyon sonuçları
Table 2. Methods validation results of the elements

Elementler <i>Elements</i>	Kalibrasyon Denklemi <i>Calibration Equation</i>	R ²	LOD	Sertifika Değeri <i>Certified Value</i>	Bulunan Değer <i>Found Value</i>	%Geri Kazanım <i>Recovery</i>	%RSD
Pb	y = 10956x + 5648	0.999	2.7	316	314	99	0.3
Cd	y = 1817x - 68.05	0.999	2.6	112	114	102	0.8

TARTIŞMA VE SONUÇ

Metot Validasyon Sonuçları

Yöntem doğrulama çalışmaları test edilen kurşun ve kadmiyum için kalibrasyon eğrilerinin korelasyon katsayıları 0.999 olarak bulundu. Geri kazanımlar Pb ve Cd için sırasıyla % 99 ile 102 olup, bu sonuç literatürlerdeki verilerle örtüşmektedir (Şahan vd., 2007; Tüzen ve Soylak, 2007a; Yenisoay-Karakaş, 2012). Geri kazanımdan elde edilen sonuçlara ait bağıl standart sapma değeri (%RSD) tekrarlanabilirlik olarak ifade edilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre numune hazırlama sırasında önemli element kayıplarının olmadığı doğrulanmıştır.

Numune Sonuçları

Gıdalardaki eser elementler, kalitatif ve kantitatif olarak, çevreye, maruziyete göre değişmektedir Bu durumda eser elementlerin çok az konsantrasyonları bile canlı organizmalarda toksik ve kanserojen etki göstermektedir. Belli bir sınırların üzerine çıktığında ise canlı vücudunda zehirlenmelere yol açmaktadır. Tarımda fazla üretim sağlayabilmek için gübre kullanımının artması da bu metallerin biyosfere karışmasında da rol oynamaktadır. Yine tarım zararlıları ile

mücadelede kullanılan ilaçlarda kontaminasyon kaynakları arasında yer almaktadır. Bu durumlar hücre ve hücre organellerine büyük etki yapmaktadır (Güler ve Can, 2017). Bu etkileşimler göz önüne alınarak çalışmamızda farklı pazarlardan temin edilen domateslerde kurşun ve kadmiyum analizleri yapılmıştır. Kadmiyum <LOD-0.005 µg/L, kurşun ise <LOD-0.02 µg/L aralığında bulunmuştur. Bununla birlikte, yapılan çalışmalardan, sebzelerde Pb ve Cd için daha yüksek sonuçlar bildirilmiştir (Cao vd., 2014). Mattina vd. (2003) yaptıkları bir çalışmada domates yetiştirilen toprakların kurşun ve kadmiyum içerikleri sırasıyla 252 mg/kg, 0.28 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, yapılan çalışmada domates örneklerinde Pb ve Cd seviyeleri sırasıyla 3-4 mg/kg kadmiyum ise 0.7-0.8 mg/kg aralığında bulunmuştur (Gebrekidan vd., 2013).

Örneklerdeki element konsantrasyonlarının sonuçları arasındaki bu farklılıklar, endüstriyel kirliliklere ve sebzelerin yetiştirildiği toprakların özelliklerine bağlanabilir. Domateslerin yenilebilir kısımlarındaki elementlerin konsantrasyonları da

hem Avrupa toplulukları hem de Türk Gıda Kodeksi (Türk Gıda Kodeksi, 2002) tarafından belirlenen ilgili izin verilen sınırlarla karşılaştırılmıştır. Mevzuata göre, Pb ve Cd için izin verilen sınırlar sırasıyla 100 ve 50 µg/kg'dır (EFSA, 2012a). Çalışmamızda domates örneklerinde bu izin verilebilir limiti aşmadığı görülmüştür.

Sağlık Riski Değerlendirmesi

Vücuda alınan ağır metallerin sağlığı ciddi olarak tehdit ettiği literatürler de bildirilmektedir.

Çizelge 3. Tüketilen domatesler için Pb ve Cd alımı için Hedef Tehlike Bölümü (THQ) ve Tehlike Endeksi (HI)

Table 3. Target Hazard Quotient (THQ) and Hazard Index (HI) for intake of Pb and Cd for consumed tomatoes

Elementler <i>Elements</i>	Konsantrasyon <i>Concentration</i>	RfD	THQ
Cd	0.005	0.001	0.02
Pb	0.02	0.004	0.03
TTHQ (HI)			0.05

Çalışmamıza ait THQ hesaplamalarının sonuçları, test edilen tüm değerler için değerlerin birden düşük olduğunu, yani sebze için düşük olduğunu, yani sebze için düşük olduğunu, yani sebze için düşük olduğunu gösterdi. HI değerlerinin de birden düşük olması bu domateslerin tüketilmesinin bu kimyasallara aşırı maruz kalmaya neden olmadığını göstermiştir.

Tüm bu veriler ile bu çalışmanın üniversitelerde ve devlet kurumlarında gıda güvenliğiyle ilişkili risk değerlendirme bölümleri için yararlı bir araç olduğu sonucuna varılabilir. Bu şekilde, uygun önleme hesaplamaları ve nüfusun sağlığını korumaya yönelik temel öneriler bu bölümler tarafından uygulanabilir. Meyveler, tahıllar, işlenmiş gıdalar ve diğer gıda ürünlerindeki elementlerin konsantrasyonlarını belirlemek için de halk sağlığı açısından bu alanda daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir. İnsan sağlığı açısından taşıdığı önem konusunda domates yetiştiricilik ve pazar sektörünün bilinçlendirilmesi ve tüketicilerin daha sağlıklı beslenmesi açısından önem arz etmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar, bu çalışmanın yapılması ve yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Domates tüketiminden kaynaklanan sağlık riskleri, hedef tehlike oranına (THQ) göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, Pb ve Cd'nin THQ'leri sırasıyla 0.03 ve 0.02 olarak elde edilmiştir. Sonuçlar ise Çizelge 3'de verilmiştir. Yapılan bir araştırmada THQ değerleri örtü altı tüm sebze tüketiminde Cd, Pb sırasıyla 0.057-0.861, 0.015-0.170 arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Yang vd., 2014).

KAYNAKLAR

- Aksoy, A., Kaymak, H.Ç. (2016). Outlook on Turkish Tomato Sector. *Iğdır Univ J InstSci&Tech*, 6(2): 121-129.
- Cao, S., Duan, X., Zhao, X., Ma, J., Dong, T., Huang, N., Sun, C., He, B., Wei, F. (2014). Health risks from the exposure of children to As, Se, Pb and other heavy metals near the largest coking plant in China. *Sci Total Environ*, 2(15): 1001-1009.
- Durmuş, M., Yetgin, Ö., Abed, M.M., Haji, E.K., Akçay, K. (2018). Domates bitkisi, besin içeriği ve sağlık açısından değerlendirilmesi. *International J Life Sci Biotechnol*, 1(2): 59-74.
- EFSA, (2012a). *European Food Safety Authority, Cadmium dietary exposure in the Europe an population*. EFSA Journal,10:37 pp.
- Gebrekidan, A., Weldegebriel, Y., Hadera, A., Van der Bruggen, B. (2013). Toxicological assessment of heavy metals accumulated in vegetables and fruits grown in Ginfel river near Sheba Tannery, Tigray, Northern Ethiopia. *Ecotoxicology and Environ Safety*, 9(1): 171-178.
- Güler, A.C., Can, Ö.P. (2017). Kimyasal kontaminantların çevre sağlığı ve gıda güvenliği üzerine etkileri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri*

- Dergisi*, 170-195. IPCS(1992). *Cadmium, Environmental health criteria 134*. International programme on chemical safety.
- Kılıç, S., Kılıç, M. (2019). Kırmızı Pulbiber Örneklerinde Element İçeriğinin Belirlenmesi. *Gıda*,44(6): 1000-1007.
- Mattina, M.I., Lannucci-Berger, W., Musante, C., White, J.C. (2003). Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil. *Environ Poll*, 124(3):375-8
- Şahan, Y., Basoğlu, F., Gücer, S. (2007). ICP-MS analysis of a series of metals (Namely: Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd and Pb) in black and green olive samples from Bursa, Turkey. *Food Chem*, 105:395-399.
- Taverniers, I., De Loose, M., Van Bockstaele, E. (2004). Trends in quality in the analytical laboratory. II. Analytical method validation and quality assurance. *TrAC Trends in Anal Chem*, 23(8): 535-552.
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., Sutton, D.J. (2012). Heavy metals toxicity and the environment. *EXS*, 101:133-164.
- TUIK (2018). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/>
- Turkish Food Codex(2002). *Regulation of setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs*. Official Gazette.
- Türkoğlu, M. (2008). Van Gölü'nden alınan su, sediment ve inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. T.C. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,
- Tüzen, M., Soylak, M. (2007). Evaluation of trace contents in canned foods marketed from Turkey. *Food Chem*, 102: 1089-1095.
- USEPA, (2011). Risk Based Concentration Table. <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>
- WHO, (1993). *Evaluation of certain food additives and contaminants*. 41 st report of Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva, Switzerland.
- Yang, L., Huang, B., Hu, W., Chen, Y., Mao, M., Yao, L. (2014). The impact of green house vegetable farming duration and soil types on phyto availability of heavy metals and their health risk in eastern China. *Chemosphere*, 103: 121-130.
- Yenisoy-Karakaş, S. (2012). Estimation of uncertainties of the method to determine the concentrations of Cd, Cu, Fe, Pb, Sn and Zn in tomato paste samples analysed by high resolution ICP-MS. *Food Chem*, 6 (1):1555-1561.



ÇEVRESEL SORUNLARA KARŞI ÇÖZÜM ÖNERİLERİ: GÜNCEL SÜRDÜRÜLEBİLİR BESLENME UYGULAMALARINA GENEL BAKIŞ

Başak Can, Hatice Merve Bayram, S. Arda Öztürkcan*

Istanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş / *Received*: 24.03.2021; Kabul / *Accepted*: 29.07.2021; Online baskı / *Published online*: 24.08.2021

Can, B., Bayram, H.M., Öztürkcan, S.A. (2021). Çevresel sorunlara karşı çözüm önerileri: güncel sürdürülebilir beslenme uygulamalarına genel bakış. *GIDA* (2021) 46 (5) 1138-1157 doi: 10.15237/gida.GD21062.

Can, B., Bayram, H.M., Öztürkcan, S.A. (2021). Solution recommendations for environmental problems: overview of current sustainable nutrition practices. GIDA (2021) 46 (5) 1138-1157 doi: 10.15237/gida.GD21062.

ÖZ

Günümüzde dünya nüfusunun artması ile birlikte insanlığın, kaynakların tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalması beklenmektedir. "Sürdürülebilir Beslenme" kavramının amaçlarından biri kaynakların gelecek kuşaklara aktarılabilmesidir. Bunun için yapılabileceklerin başında geleneksel beslenme modellerini ve beslenme alışkanlıklarını; çevreye ve sağlığa yararlı beslenme modelleri ve alışkanlıkları ile değiştirmek gelmektedir. Bunun yanı sıra sürdürülebilir beslenme için besin ögesi içerikleri hayvansal protein kaynaklı besinlere yakın olan, herkes tarafından erişilebilir ve kabul görebilecek alternatif protein kaynakları bulmak önemlidir. Son yıllarda ülkemizde bu kavramın önemi artmış durumdadır. Bu derlemenin amacı, sürdürülebilir beslenme ve çevresel etki açısından devamlılığı en fazla olan bitkisel kaynaklı besinleri temel alan beslenme modelleri ile gelecek yüzyıllarda sera gazı etkisini azaltmak için tüketilebilecek alternatif protein kaynakları hakkında insanların bilinç düzeyini artırmak adına kapsamlı bilgi sunmaktır.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir beslenme, sera gazı emisyonu, alternatif protein kaynakları, Akdeniz tipi beslenme

SOLUTION RECOMMENDATIONS FOR ENVIRONMENTAL PROBLEMS: OVERVIEW OF CURRENT SUSTAINABLE NUTRITION PRACTICES

ABSTRACT

Due to the increasing world population today, it is expected that humanity will face the danger of depletion of resources. One of the aims of "Sustainable Nutrition" is to transfer resources to future generations. At the beginning of what can be done for this, traditional nutrition models and eating habits; change with environmental and health-beneficial eating patterns and habits. Additionally, for sustainable nutrition, it is important to find alternative protein sources that nutritional contents are close to animal protein-based foods, accessible and acceptable by everyone. In recent years, the importance of this concept has increased in our country. This review aims to provide comprehensive information to increase the awareness of people about alternative protein sources that can be consumed to reduce greenhouse gas emissions effect in the coming centuries with nutrition models

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉: sozturkcan@gelisim.edu.tr

☎: (+90) 212 422 7000/ 400

☎: (+90) 212 422 7401

Başak Can; ORCID no: 0000-0002-0608-6496

Hatice Merve Bayram; ORCID no: 0000-0002-7073-2907

S. Arda Öztürkcan; ORCID no: 0000-0001-7982-6988

based on plant-based foods, which are the highest sustainability in terms of sustainable nutrition and environmental impact.

Keywords: Sustainability, sustainable nutrition, greenhouse gas emissions, alternative protein sources, Mediterranean diet

GİRİŞ

20. yüzyıldan bu yana dünya nüfusu gün geçtikçe hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu artışa bağlı olarak günümüzde 7.5 milyar olan dünya nüfusunun 2030'da 8.5 milyara, 2050'de ise 10.1 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (United Nations, 2019). Hızla artan nüfusa paralel olarak enerji kaynaklarından; petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların daha fazla kullanımı sonucu atmosfere salınan ve sera etkisi oluşturan gazlar ve bu gazların atmosfer tarafından geri emilememesi nedeniyle iklim küresel olarak hızla değişmeye başlamıştır (Akyüz, 2019). Bu değişim öncelikle artan sıcaklık ve karbondioksit (CO₂) miktarlarında görülmüştür. NASA'nın resmi internet sitesinde yayınladığı son yer yüzeyi-okyanus sıcaklık değişimi verilerine göre; 2000 yılından bu yana en sıcak 19 yıl yaşanmıştır. 2016'da yaşanan 1.02°C'lik sapma değerinin aynısı 2020 yılı için de rapor edilmiştir. NASA'nın bildirdiği bir diğer küresel iklim değişikliği göstergesi ise ormanlık ve tarım alanların yok edilmesi; fosil yakıtların yakılması gibi insan faaliyetlerinin yanı sıra solunum ve volkanik püskürmeler gibi doğal süreçlerle de açığa çıkan önemli bir sera gazı (ısı tutma özelliğine sahip) olan CO₂'dir. CO₂ gazının atmosferdeki değeri bu verilere göre 2005 yılında 378.5 mg/kg iken bu değer hızla artarak 2020 yılında 415 mg/kg değerine yükselmiştir (NASA, 2021). Atmosferdeki bu değişiklikler olası iklim krizinin habercisidir.

Küresel iklim değişikliği ve olası iklim krizine karşı, 1988 yılında, Birleşmiş Milletler (BM) ilk kez Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ni (IPCC) düzenlemiştir ve o tarihten beri bu durumla mücadele etmektedir (Perçin, 2017). Bu panelin Ekim 2018'de yayınladığı rapora göre; küresel olarak 2°C'lik bir artış ile birlikte yeşil alanların çölleşmesi, ani iklim değişiklikleri ve mahsul verimini etkileyen yer seviyesindeki ozon, denizdeki besin güvenliğini etkileyen deniz yüzeyi sıcaklığı ve mercan ağartması gibi tehditlerin olası iklim krizini daha da hızlandıracağı bildirilmiştir

(Watts vd., 2020). Bunun üzerine BM'nin düzenli periyotlarla yayınladığı kalkınma amaçları Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları adını alarak, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'nin bir parçası olmuştur ve tüm BM üye devletleri tarafından imzalanmıştır. Yayımlanan kalkınma amaçları 17 maddeden oluşmakta olup; tüm dünyada yoksulluğa ve açlığa, cinsiyet eşitsizliğine son vermek, olası bir iklim krizi ile mücadele etmek gibi ekolojik, sosyal ve kültürel sorunların çözüme kavuşturulmasını hedeflemiştir (United Nations, 2016). Bu maddelerin en önemlilerinden biri "Açlığa Son" başlığı ile oluşturulan ikinci sürdürülebilir kalkınma amacıdır. Bu maddenin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamına alınmasında dünya genelinde besin kaynaklarının eşit olarak dağıtılamaması, tarım alanlarının verimsizleştirilmesi ve su krizi gibi etmenlerin etkisi vardır. BM'nin 2019 verilerine göre; 690 milyon insan açlıkla mücadele etmektedir ve tahminen 2 milyar insan ise güvenli, besleyici ve yeterli besine düzenli bir şekilde ulaşamamaktadır. Ayrıca 144 milyon çocuğun yaşına göre boy uzunluğunun kısa (bodur), 47 milyon çocuğun ise sınırlı besin alımı ve çeşitli enfeksiyonlar nedeniyle akut malnutrisyon ile karşı karşıya olduğu bildirilmiştir (United Nations, 2021). Buna göre dünya genelinde her yaş grubundaki bireyin güvenilir, besleyici ve sağlıklı beslenmeden eşit ölçüde yararlanabilmesi için yeni bir tanım ortaya çıkmıştır. Bu tanım, iklim krizi ile doğal kaynakların aşırı derecede tahrip olmasını ve tüketimini önlerken aynı zamanda uzun vadeli sağlığı korumak için beslenme kurallarına uyan beslenme modellerine atıfta bulunmak için öne sürülen "Sürdürülebilir Beslenme"dir (Spiker vd., 2020). Dünyada ortaya çıktığı günden beri güncelliğini yitirmemiş olan bu kavram ülkemizde ancak son yıllarda önem kazanmış durumdadır. Bu derlemenin amacı, sürdürülebilir beslenme ve çevresel etki açısından devamlılığı en fazla olan bitkisel kaynaklı besinleri temel alan beslenme modelleri ile gelecek yüzyıllarda sera gazı etkisini azaltmak için tüketilebilecek alternatif protein

kaynakları hakkında insanların bilinç düzeyini artırmak adına kapsamlı bilgi sunmaktır.

METOT

Bu amaçla, son on yılda yapılmış çalışmalar PUBMED, Google Scholar ve Dergipark veri tabanları kullanılarak Aralık 2020 - Şubat 2021 tarihleri arasında taranmıştır. Veri tabanlarında kullanılan anahtar kelimeler şunlardır: "sustainability", "sustainable nutrition", "greenhouse gas emissions", "Mediterranean diet", "Nordic diet", "double pyramid model", "vegetarian diet", "plant based protein", "alternative protein sources", "microalgae", "macroalgae", "insects", "cultured meat", "yeni

besinler", "bitkisel protein", "diyet örüntüleri" ve "yenilebilir böcekler"dir. Toplam 214 araştırma ve derleme makalesi ile teze ulaşılmıştır. Derlemeye dahil edilme kriterleri; sürdürülebilirlik, sürdürülebilir beslenme modelleri ve alternatif protein kaynaklarını içermesidir. Toplam 39 araştırma makalesi ile 34 derleme makalesi ve 2 tez derlemeye dahil edilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili 7 rapordan ve 5 web sitesinden yararlanılmıştır. Editöre mektuplar, kitaplar ve kongre özetleri derlemeye dahil edilmemiştir. Çizelge 1'de derlemeye dahil edilen çalışmalar için kullanılan yöntemler ve sonuçları detaylı olarak sunulmuştur.

Çizelge 1. Derlemeye dahil edilen çalışmalar için kullanılan yöntemler ve sonuçlar

Derlemenin amacı aşağıdaki sorulardan oluşmaktaydı: Sürdürülebilir beslenme nedir ve sürdürülebilir beslenmeye uygun beslenme modelleri nelerdir? Geleneksel beslenme modellerinin diğer beslenme modellerine kıyasla SGE'ye etkileri nasıldır? Sürdürülebilir beslenme için literatürde yer alan alternatif protein kaynaklarının besin içerikleri, sağlığın devamı için yeterli midir? Alternatif protein kaynakları ile yeni üretilen besinler ve bu besinlere karşı toplumun görüşü nelerdir?	
Toplam 214 Makale (PUBMED: 148, Google Scholar: 61, Dergipark: 5)	
Yöntem	
Veri toplama süreci	Aralık 2020 - Şubat 2021
Anahtar kelimeler	"sustainability", "sustainable nutrition", "greenhouse gas emissions", "Mediterranean diet", "Nordic diet", "double pyramid model", "vegetarian diet", "plant based protein", "alternative protein sources", "microalgae", "macroalgae", "insects", "cultured meat", "yeni besinler", "bitkisel protein", "diyet örüntüleri" ve "yenilebilir böcekler"
Uygunluk kriterleri	Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir beslenme modelleri ve alternatif protein kaynaklarını içeren ilgili derlemeler, araştırma makaleleri, tezler, raporlar ve web siteleri
Seçim süreci	Taranan tüm çalışmaların derlemeye dahil edilme kriterlerini karşılayıp karşılama durumları Şubat-Mart 2021 arası tüm yazarlar tarafından, Endnote programı kullanılarak değerlendirilmiştir.
Bilgi kaynakları	Sürdürülebilirlikle ilgili güncel bilgiler, veriler ve raporlar (21) Sürdürülebilir beslenme modelleri ve bu beslenme modelleri üzerine yapılan araştırma makaleleri ile derlemeler ve bunların diğer beslenme modelleri ile karşılaştırılması (12) Besin üretim sistemi faaliyetlerinin SGE üzerine etkisi ve besinlerin SGE miktarları (2) Ülke bazında tüketilen diyetlerin SGE'ye etkileri üzerine yapılan çalışmalar (15) Alternatif protein kaynakları ile ilgili güncel bilgiler ve veriler (14) Alternatif protein kaynaklarının protein içerikleri ve kaliteleri üzerine yapılan çalışmalar ile içeriklerinin diğer besinlerle karşılaştırılması (8) Alternatif protein kaynaklarından üretilen yeni besinler ile kabul edilebilirliği ve bilinirliği hakkındaki çalışmalar (15)
İlgili olmayan kaynaklar	Editöre mektuplar, kitaplar ve kongre özetleri, ülkelerin diyet modelleri ve SGE miktarlarının karşılaştırıldığı geçmiş çalışmalar ve 2019 yılından daha eski raporlar (127)

SGE: Sera gazı emisyonu, *Parantez içerisinde yer alan rakamlar makale sayılarını vermektedir.

Sürdürülebilir Beslenme

Sürdürülebilirlik, genellikle bir sistemin uzun vadede devam ettirilebilmesi ve gelecek nesillerin gereksinimlerini tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilmesi olarak tanımlanır (United Nations, 2016). Bu tanıma göre toplum beslenmesinin sürdürülebilirliği için azalan kaynaklar ve artan çevre kirliliği göz önüne alınarak çevreye olumsuz etkisi daha fazla olan besin kaynaklarının yerine alternatif kaynaklar tercih edilmelidir. Buna ek olarak, yine çevreyi olumsuz etkileyen geleneksel beslenme modelleri çevreye ve bireye olumlu katkıları olan farklı beslenme modelleri ile değiştirilmelidir. Bu beslenme modellerinin sürdürülebilir beslenmeye uygunluğu; beslenme modelinin ekosistem ve biyoçeşitlilik ile uyum içinde, geleneksel olarak kabul gören, herkes için ulaşılabilir, ekonomik olarak karşılanabilir, besin öğeleri açısından yeterli, güvenilir ve sağlıklı olması ile değerlendirilmektedir (Pekcan, 2019; Spiker vd., 2020). Sürdürülebilir beslenmeye uygun beslenme modelleri, düşük su ve karbon ayak izine sahip besinlerin tüketimini ele alarak besleyici yönden zengin geleneksel yiyeceklerin birçok türü de dahil olmak üzere besin çeşitliliğinin kullanımını teşvik etmelidir (Ruini vd., 2015). Ayrıca bir beslenme şeklinin sürdürülebilirliği "besin üretim sistemi" içinde değerlendirilmelidir.

Besin üretim sistemi kavramı, günümüzde gıda endüstrisindeki süreçleri ve bileşenleri tanımlamak için kavramsal ve analitik bir araç olarak giderek artan bir kullanıma sahiptir. Bir besin üretim sistemi, tümü belirli süreçlerden etkilenen besin üretim sistemi faaliyetlerinden (yetiştirme, hasat etme, işleme, paketleme, taşıma, pazarlama, tüketme ve atık) ve diğer sistem bileşenlerinden oluşmaktadır (Zurek vd., 2018). Bu kapsamda, çevreye en az etkisi olan, insan sağlığına faydalı beslenme modelleri uzun yıllar boyunca varlıklarını sürdürebilecektir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de olası iklim ve su krizi için kaynakları dengeli bir şekilde kullanan, mümkün olduğunca düşük sera gazı emisyonuna (SGE) neden olan, insan sağlığının devamlılığına yardımcı beslenme modellerinin yaygınlaştırılması önemlidir. Bu nedenle öncelikle besin üretim sistemi faaliyetlerinin çevreye etkileri detaylı bir

şekilde analiz edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Alınması gereken önlemlerin başında ise SGE miktarını azaltıcı faaliyetler gelmelidir.

Besin Üretim Sistemi Faaliyetleri ve Sera Gazına Etkileri

Besin üretim sistemi faaliyetlerinden tarım; ekilebilir arazinin üçte birini, küresel su kaynaklarının neredeyse dörtte üçünü ve enerjinin beşte birini kullanmaktadır. Buna ek olarak üretilen sebze ve meyveler doğrudan SGE'ye neden olmaktadır (Meyer ve Reguant-Closa, 2017).

SGE, küresel ısınma potansiyeli olarak da bilinen karbondioksit eşdeğerleri (CO₂ eşd.) cinsinden ölçülür. Küresel ısınma potansiyelinde birinci sırada en önemli antropojenik sera gazı olarak CO₂ yer alır. Azot oksit (N₂O) ve metan (CH₄), CO₂ gazından sırasıyla 300 ve 25 kat daha fazla küresel ısınma potansiyeline sahip diğer iki önemli sera gazıdır (Meyer ve Reguant-Closa, 2017).

Doğrudan emisyonlar ile üretim öncesi, üretim ve üretim sonrası oluşan sera gazı toplam SGE miktarının %30'unu oluşturmaktadır (Meyer ve Reguant-Closa, 2017). Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2020 yılında yayınladığı son rapora göre; 2018 yılı emisyonlarında CO₂ eşd. olarak en büyük payı sırasıyla %71.6 ile enerji kaynaklı emisyonlar, %12.5 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12.5 ile tarımsal faaliyetler ve %3.4 ile atıklar oluşturmaktadır. CH₄ emisyonlarının ise yarısından fazlası (%63.1) tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2020).

Çeşitli besinlerin yetiştirilmesi ve üretilmesi esnasında ortaya çıkan SGE miktarları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Bu çizelgeye göre; hayvansal protein kaynaklı besinlerin (sığır, kuzu, domuz, hindi eti, balık, bazı peynir türleri ve tofu vb.) üretimi ve işlenmesi oldukça fazla miktarda SGE'ye neden olmaktadır. Buna karşın bazı bitkisel protein kaynaklı besinler ve tahıl ürünleri (makarna, erişte, ekmek, yulaf, sebzeler, meyveler, fasulye, mercimek, yer fıstığı, soya sütü vb.) düşük miktarda SGE ile ilişkilendirilmektedir. Buna göre; bireylerin besin seçiminde et ve et

ürünlerinin azaltılması, doğrudan SGE miktarının düşürülmesine yardımcı olacaktır. Kırmızı etin az, bitkisel protein kaynaklı besinlerin ise daha fazla tüketildiği beslenme modellerinin (Akdeniz tipi, Nordik tipi, vejetaryen ve vegan beslenme modelleri gibi) yaygınlaşması ile SGE miktarının

azalacağı tahmin edilmektedir. Bu sebeple düşük miktarlarda SGE'ye sahip, sürdürülebilir beslenme modellerinin tüketiminin toplum genelinde artırılması önem arz etmektedir (Widmer vd., 2015; Dinu vd., 2017).

Çizelge 2. Besinlerin sera gazı emisyonları (Meyer ve Reguant-Closa, 2017; Loveday, 2019)

Düşük SGE <1.0 kg CO ₂ eşd./kg yenilebilir ağırlık	Orta SGE 1.0-1.4 kg CO ₂ eşd./kg yenilebilir ağırlık	Yüksek SGE >4.0 kg CO ₂ eşd./kg yenilebilir ağırlık
Patates	Tavuk	Sığır eti
Makarna, erişte	Süt, tereyağı, yoğurt	Kuzu
Ekmek	Yumurta	Domuz
Yulaf	Pirinç	Hindi
Sebzeler (soğan, bezelye, havuç, mısır vb.)	Kahvaltılık tahıllar	Balık
Meyveler (elma, armut, narenciye, erik, üzüm vb.)	Ekmek üstüne sürülen soslar	Peynir türleri ve tofu
Fasulye, mercimek	Fındık, tohumlar	
Şekerleme	Bisküvi, kek ve tatlılar	
Atıştırmalıklar	Meyveler (çilek, muz, kavun vb.)	
Soya sütü	Salata sebzeleri	
Yer fıstığı	Sebzeler (mantar, yeşil fasulye, karnabahar, brokoli, kabak vb.)	

CO₂: karbondioksit, CO₂ eşd.: karbondioksit eşdeğeri, kg: kilogram, km: kilometre, SGE: sera gazı emisyonu, 20-50 kg CO₂ eşd./kg yenilebilir ağırlık kadar yüksek olabilir. Araba sürmek için ortalama CO₂ emisyonu 0.186 kg CO₂ eşd./km'dir.

Üretim öncesi ve sonrası aşamalar dahil edildiğinde, %21–37 oranında küresel SGE miktarına katkıda bulunan besin sistemlerini bireysel beslenme modeli seçimleri (özellikle tüketilen protein kaynakları) oldukça fazla etkilemektedir. Bu nedenle, bireysel düzeyde sürdürülebilir sağlıklı beslenme tercihlerinin gıda endüstrisindeki SGE miktarlarını azaltması beklenmektedir (Sugimoto vd., 2020). Ayrıca Çizelge 2'de gösterildiği gibi hayvansal protein kaynaklı besinlerin yetiştirilmesi, üretilmesi ve işlenmesinin orta ve yüksek miktarda SGE'ye sebep olması dünya için bir uyarı niteliğindedir. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için şimdiden sürdürülebilir beslenme ve uygulamaları, yeni beslenme modelleri ve protein kaynakları gibi uygulamalar üzerinde çalışılarak,

bu konularda toplumun bilinç düzeyini artıran çeşitli politikalar geliştirilebilir.

Sürdürülebilir Beslenme Uygulamaları Uygulanabilir Beslenme Modelleri

Sürdürülebilir beslenmeyi sağlamak ve küresel sağlığı korumak için dünya kaynakları dikkatli bir şekilde kullanılmalı ve çevresel tahribatlardan kaçınılmalıdır. Bu sebeple literatürdeki çalışmalar; tarım teknolojisindeki gelişmelere; tedarik zinciri boyunca besin kayıplarına ve israfları azaltmaya; bireylerin, toplumların besin seçimlerini ve beslenme modellerini araştırmaya ve değiştirmeye odaklanmıştır (Fresán ve Sabaté, 2019; Loveday, 2019).

Öncelikle mevcut popülasyonun tercih ettiği beslenme modelleri, çevresel etki açısından

incelenmelidir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda farklı araştırma yöntemleri ve hesaplamalar kullanılmıştır (Çizelge 3). Örneğin; ABD’de yapılan bir çalışmada hane halkı kırmızı et harcamaları açısından 5 gruba ayrılmıştır ve ortalama haftalık en düşük SGE miktarı, en az kırmızı et için harcama yapan grupta bulunmuştur (Boehm vd., 2019). İsviçre’de yapılan bir çalışmada, tüm İsviçre beslenme modelleri (vejetaryenler ve veganlar dahil), gıda, ulaşım ve ısıtma dahil olmak üzere tüm tüketim kategorileri için istenen bir hedef olan, kişi başına önerilen 0.6 ton CO₂ eşd. SGE miktarı ile sürdürülebilirlik hedefinin oldukça üzerinde olduğu saptanmıştır (Sjörs vd., 2017). İtalya’da yapılan bir çalışmada ise mevcut beslenme modeline göre SGE miktarının erkeklerde %48 ve kadınlarda %50 azalmaya yol açacak, ulaşılabilir bir sağlıklı beslenme modelinin geliştirilebileceği gösterilmiştir (Grosso vd., 2020). Hindistan’da yapılan bir çalışmada "pirinç ve et" ağırlık beslenenlerde çevresel etkinin en fazla olduğu rapor edilmiştir (Green vd., 2018). Birleşik Krallık’ta yapılan bir çalışmada beslenme modeli

ile ilişkili SGE miktarı, yüksek beslenme modeli kalitesi ve hipertansiyonu önlemek için beslenme yaklaşımları (DASH) skoru ile ters orantılı bulunmuştur. Sadece alt grup (<tahmini alım/önerilen alım: 0.70) analiz edildiğinde benzer sonuçlar görülürken; orta grupta (>tahmini alım/önerilen alım: 0.70) SGE miktarı tüm beslenme modeli kalitesi ölçümleri ile ters ilişki göstermiştir (Murakami ve Livingstone, 2018). İlginç olarak Danimarka’da yapılan bir çalışmada sebzedden zengin beslenme, en düşük sığır eti alımına ve toplamda en düşük kırmızı et alımına sahip olmasına rağmen, geleneksel ve fast-food beslenme modelleriyle neredeyse aynı karbon ayak izine sahip olarak bulunmuştur (Mogensen vd., 2020). Ayrıca bu çalışmalardan farklı olarak, Peru’da yapılan bir çalışmada SGE miktarı ile sosyal harcama veya akademik durum arasında güçlü ve pozitif bir korelasyon saptanmıştır (Vázquez-Rowe vd., 2017). Bu sonuçlar bilinç düzeyi artışının SGE miktarı üzerindeki önemli etkisini göstermektedir.

Çizelge 3. Çeşitli beslenme modelleri ve sera gazı emisyonları

Ülke	Kullanılan yöntem	Beslenme modeli	SGE (kg CO ₂ eşd./kg/gün)	Sonuçlar	Kaynak
Avustralya	Ulusal Sağlık Araştırması verileri	Ulusal beslenme rehberine göre uygulanan beslenme modelleri	SGE miktarları sırasıyla; erkekler için 18.72 (2377 kkal/gün); kadınlar için 13.73 (1772 kkal/gün)	Düşük kaliteli yüksek SGE beslenme modelinde 25.2; önerilen beslenme modelinde 20.4; mevcut beslenme modelinde 19.7; yüksek kaliteli düşük SGE beslenme modelinde 13.9 CO ₂ eşd.	Hendrie vd., 2016
Çin, Japonya, Vietnam, Güney Kore, Tayvan, Singapur ve Hong Kong	Besin tüketim anketi ve Ulusal veriler	Et tüketilen (kişi başına düşen günlük et tüketimi ülkelerde sırasıyla; 71.78, 50.96, 74.51, 75.23, 110.69, 88.58, 144.85 g/gün), vegan ve vejetaryen beslenme modelleri	Yüksek, orta ve az miktar et tüketen gruplarda SGE miktarları sırasıyla; 7.19, 5.63, 4.67; veganlarda, 2.89 ve vejetaryenlerde 3.81	Vejetaryen beslenenlerde 48.83 milyon metrik ton CO ₂ eşd. SGE’de azalma (2012, Fransa ve Birleşik Krallık’taki toplam SGE’lerin sırasıyla %11.3 ve %8.9’una eşit)	Tseng, 2020
Türkiye	Ulusal rehberden elde edilen veriler	Mevcut beslenme modeli	SGE miktarları (2000 kkal/gün için) 1.14-3.28	Toplam SGE, besin kaybı ve atık dahil olmak üzere kişi başına 3.3 kg CO ₂ eşd./gün	Acet, 2017
Arjantin	Ulusal rehberden elde edilen veriler	Mevcut, önerilen, büyükbaş hayvanların etini tüketmeyen, lakto-ovo vejetaryen, vegan beslenme modelleri	SGE miktarları (2000 kkal/gün için); 5.4, 3.9, 2.1, 1.73, 1.47	Et içeren beslenme modellerinin lakto-ovo vejetaryen ve vegan beslenme modellerine göre besin verimliliklerinde azalma	Arrieta ve González, 2018

Çizelge 3. devam

Ülke	Kullanılan yöntem	Beslenme modeli	SGE (kg CO ₂ eşd./kg/gün)	Sonuçlar	Kaynak
Hindistan	Besin tüketim sıklığı	Pirinç ve düşük çeşitlilik, pirinç ve meyve, buğday ve bakliyat, buğday, pirinç ve yağlar, pirinç ve et, mevcut beslenme modelleri	SGE miktarları ve toplam kkal/gün sırasıyla; 2.47 (2369 kkal), 2.57 (2762 kkal), 2.30 (3027 kkal), 2.05 (3344 kkal), 3.31 (2723 kkal), 2.42 (2883 kkal)	Pirinç ve et tüketen grupta çevresel etki en fazla	Green vd., 2018
Birleşik Krallık	Ulusal rehberden elde edilen veriler	Toplam, orta ve alt grup (Tahmini alım/önerilen alım: 0.70, bu değer altı alt, üstü orta grup)	SGE miktarları ve toplam kkal/gün sırasıyla; 5.7 (2552 kkal/gün), 6.3 (2337 kkal/gün), 5.0 (2800 kkal/gün)	Yüksek beslenme modeli kalitesi ve DASH skoru ile SGE ters ilişkili; orta grupta SGE tüm beslenme modeli kalitesi ölçümleri ile ters ilişkili	Murakami ve Livingstone, 2018
Lübnan	Besin tüketim sıklığı anketi	Batı tarzı, Lübnan-Akdeniz tipi, yüksek proteinli, mevcut beslenme modelleri	SGE miktarları sırasıyla (1000 kkal/gün için); 1.58, 0.90, 1.40, 4.06	Batı ve yüksek proteinli beslenme modellerinde yüksek çevresel ayak izi; Lübnan-Akdeniz beslenme modelinde düşük su kullanımı ve SGE miktarı	Naja vd., 2018
Amerika Birleşik Devletleri	Ulusal rehberden elde edilen veriler	Haftalık kırmızı et harcamalarına göre: Q1-1.65\$, Q2-10.61\$, Q3-20.46\$, Q4-26.19\$, Q5-39.05\$	SGE miktarları ve toplam kkal/gün sırasıyla; 120 (24653 kkal), 150 (39643 kkal), 160 (47141 kkal), 142 (43608 kkal), 140 (40447 kkal)	Ortalama haftalık SGE, Q2-Q5'teki hanelere kıyasla Q1'deki haneler için en düşük	Boehm vd., 2019
Hollanda	Hollanda Ulusal besin tüketim anketi	Mevcut beslenme modeli	4.21 (2420 kkal/gün)	Gelecekte SGE hedeflerine uyan beslenme modellerinin daha az et (özellikle sığır eti) ve daha fazla bitkisel besin içermeli	Broekema vd., 2020
İsviçre	Ulusal rehberden elde edilen veriler	Mevcut, vejetaryen, vegan, zayıflama, glutensiz beslenme modelleri ile kadınlar, erkekler, ilköğretim, orta öğretim ve yüksek öğretim beslenme durumları	SGE miktarları sırasıyla (2000 kkal/gün için); 1.8, 1.1, 0.9, 1.9, 1.9, 1.7, 1.9, 1.7, 1.8 ve 1.7	Tüm beslenme modelleri (vejetaryenler ve veganlar dahil), gıda ulaşım ve ısıtma dahil olmak üzere tüm tüketim kategorileri için kişi başına düşen 0.6 ton CO ₂ eşd. SGE	Ernststoff vd., 2020
İtalya	Ulusal rehberden elde edilen veriler	Mevcut beslenme modeli	SGE miktarları ve toplam kkal/gün sırasıyla; erkekler ve kadınlar için 4.0 (2406 kkal); 3.2 (1947 kkal)	SGE'nin erkeklerde %48 ve kadınlarda %50 azalmaya yol açacak, ulaşılabilir bir sağlıklı beslenme modeli geliştirilmeli	Grosso vd., 2020
Danimarka	Ulusal Beslenme ve Fiziksel Aktivite Araştırması'ndan elde edilen veriler	Mevcut, geleneksel, fast-food, sebzedden zengin, yüksek et tüketilen beslenme modelleri	SGE miktarları ve et tüketimleri sırasıyla (2400 kkal/gün için); 4.4 (513 g), 4.2 (560 g), 4.3 (409 g), 5.0 (1023 g)	Sebzedden zengin beslenme modeli, geleneksel ve fast-food beslenme modelleriyle neredeyse aynı karbon ayak izine sahip	Mogensen vd., 2020

CO₂: karbondioksit, CO₂ eşd: karbondioksit eşdeğeri, SGE: sera gazı emisyonu, DASH: Hipertansiyonu önlemek için diyet yaklaşımları, kkal: kilokalori, g: gram, \$: dolar

Bazı bilimsel çalışmalarda, ülkelerin yıllar içinde değişen beslenme alışkanlıkları ile SGE miktarlarındaki değişimleri de gösterilebilmektedir. Örneğin; Avustralya'da 2014 yılında yapılan çalışmada, 1995 yılı Ulusal Sağlık Araştırma verileri kullanılmış ve tüketilen geleneksel beslenme modeli ile SGE miktarı kişi başı 14.5 kg CO₂ eşd. olarak bulunmuştur (Hendrie vd., 2014). 2016 yılında yapılan çalışmada ise 2011-2012 yılı Ulusal Sağlık Araştırması'nda belirtilen 3 beslenme modeli SGE ve diyet kaliteleri açısından değerlendirilmiştir. Oluşan SGE miktarları; düşük kaliteli, yüksek SGE miktarına sahip beslenme modelinde 25.2 kg CO₂ eşd., yüksek kaliteli düşük SGE miktarına sahip beslenme modelinde ise 13.9 kg CO₂ eşd.'dir. Ulusal rehberde önerilen beslenme modelinde 20.4 kg CO₂ eşd.; mevcut ortalama beslenme modelinde ise 19.7 kg CO₂ eşd. olarak bulunmuştur (Hendrie vd., 2016). Yıllar içindeki değişimin incelenmesi, ülkede sürdürülebilir beslenme adına atılan adımları ve sera gazını azaltıcı diğer faaliyetlerin etkilerini görebilmek için oldukça önemlidir.

Bu tarz çalışmalarla ülkeler yıllar boyunca gösterdikleri değişimleri raporlayabilme fırsatına sahip olabilecektir. Ülkemizde ise bu konuda 2017 yılında yapılmış sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada 2014 yılında yayınlanan Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması'ndan elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir ve günlük beslenme modelini oluşturan gerçek kaloriler için beslenme modeli senaryosuna (günlük 3706 kkal) dayalı olarak hesaplanan 2013 yılındaki besin tüketimiyle ilişkili toplam SGE miktarı, besin kaybı ve atıklar dahil olmak üzere kişi başına 3.3 kg CO₂ eşd./gün bulunmuştur (Acet, 2017). Diğer ülkelerde olduğu gibi belirli periyotlar ile tarımın ve beslenme modellerinin çevreye etkilerini araştıran çalışmalar tekrarlanarak ülkemizin mevcut durumu hakkında bilgi toplanabilir.

Yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere, sürdürülebilirlik adına gerekli adımların atılması oldukça önemlidir. Sürdürülebilir beslenme tanımına uyan beslenme modellerinin başında vejetaryen ve vegan beslenme gelirken; Akdeniz ve Nordik tipi beslenme ile 2014 yılında

hazırlanan Çift Piramit Modeli de sürdürülebilir beslenme açısından gündemde olan önemli beslenme modelleridir. Bunun yanı sıra hayvansal protein kaynaklı besinlerin yüksek miktarda SGE'ye yol açtıkları görülmektedir. Çevreye en az etkisi olan beslenme modellerinin dünya genelinde yaygınlaşmasına ek olarak sürdürülebilir beslenmeyi sağlayabilmek için besin ögesi içerikleri hayvansal protein kaynaklı besinlere yakın olan herkes tarafından erişilebilir ve kabul görebilecek alternatif protein kaynaklarının üretimine yönelik çalışmalar ön plandadır.

Vejetaryen Beslenme

Vejetaryen beslenme şekilleri (et ve et ürünleri tüketilmeyen) içerdikleri yüksek lif, meyve ve sebze tüketimi ile (Kumar vd., 2017) bitkisel protein kaynaklı beslenme modellerinin başında gelir ve birçok hastalık riskinin azalması ile ilişkilidir. Vejetaryenlerde tip 2 diyabet, obezite, koroner kalp hastalıkları ve diğer bulaşıcı olmayan hastalıklara yakalanma riskinin daha düşük olduğu; ayrıca bu tip beslenme modelini uygulayan bireylerin daha uzun yaşam ömrüne sahip olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Nelson vd., 2016; Dinu vd., 2017; Satija ve Hu, 2018).

Vejetaryen beslenmenin çeşitli türleri mevcuttur. Bunlar; lakto-ovo vejetaryenler, et tüketmeyen ancak süt ve süt ürünü ile yumurta tüketebilenler; pesketaryenler balık hariç diğer et çeşitlerini tüketmeyenler; ovo vejetaryenler sadece yumurta tüketenler; veganlar ise hiçbir hayvansal kaynaklı besin tüketmeyenler olarak sınıflandırılmaktadır (Fresán ve Sabaté, 2019).

Bu beslenme modelleri Çizelge 2'deki düşük miktar SGE grubunda yer alan çoğu besini temel almaktadır. Ayrıca üretim sırasındaki kaynak ihtiyaçları karşılaştırıldığında; sığır eti üretmek için sebze üretiminden 8-14 kat daha fazla kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin; 1 kg fasulye üretimi için 3.8 m² arazi, 2.5 m³ su, 39 g gübre ve 2.2 g pestisit kullanılırken; aynı miktarda sığır eti üretimi için 52 m² arazi, 20.2 m³ su, 360 g gübre ve 17.2 g pestisit gerekmektedir (Sranacharoenpong vd., 2015).

Türlerine göre çeşitli hayvansal protein kaynaklı besinlerin bireylerin beslenmelerinden çıkarılması ile bu beslenme modellerinin çevreye olan zararlı etkileri oldukça azalacaktır. Çizelge 3'te de gösterildiği gibi Arjantin'de mevcut beslenme modelinin SGE miktarı 2000 kkal/gün için 5.4 CO₂ eşd./kg olarak ölçülürken; lakto-ovo vejetaryenlerde 1.73 CO₂ eşd./kg; veganlarda ise 1.47 CO₂ eşd./kg olarak ölçülmüştür (Arrieta ve González, 2018). Vejetaryen veya vegan olarak beslenen Mahayana Budistleri üzerinde yapılmış bir çalışmada ise mevcut popülasyonda sadece Mahayana Budistlerinin bile bu şekilde beslenmeleri ile SGE miktarında 48.83 milyon metrik ton CO₂ eşd. azalmanın görüleceği öngörülmektedir. Bu değer 2012 yılında Fransa ve Birleşik Krallık'ta ölçülen toplam SGE miktarının sırasıyla %11.3'üne ve %8.9'una eşit olması vejetaryen beslenmenin çevreye etkileri göz önüne alındığında bir kez daha ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Tseng, 2020).

Literatürde sağlığa ve çevreye faydaları kanıtlanmış olmasına rağmen vejetaryen beslenmenin ülkemizdeki görülme sıklığı oldukça düşüktür. 15 yaş ve üzeri bireylerde vejetaryen beslenme sıklığı %0.7 (erkek: %0.2, kadın: %1.2) iken vejetaryen beslenenlerin %45.0'ı kısmi vejetaryen, %33.4'ü lakto-ovo vejetaryen, %11.7'si ovo vejetaryen, %7.1'i pesketaryen, %2.8'i lakto vejetaryendir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019). Sürdürülebilir beslenme adına atılacak adımların başında gelen sağlığa ve çevreye yararlı beslenme modellerinin yaygınlaşması için; toplumun bu beslenme modelleri ve olası sağlık faydaları hakkında daha fazla bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Akdeniz ve Nordik Tipi Beslenme

Akdeniz tipi beslenme kavramı, kardiyovasküler sistem için sağlıklı bir beslenme modelinden sürdürülebilir beslenme modeline kadar son 50 yılda aşamalı bir gelişme göstermiştir (Widmer vd., 2015). 1990'ların başından itibaren, çevresel sürdürülebilirlikle ilgili artan endişeler dikkate alınarak, bitkisel besin merkezli bir beslenme modeli olan Akdeniz tipi beslenme, daha düşük çevresel etkilere sahip sürdürülebilir bir beslenme modeli olarak kabul edilmiştir (Dernini vd., 2017).

Akdeniz tipi beslenme modeli; yüksek miktarda sızma zeytinyağı, ağırlıklı olarak yeşil yapraklı sebzeler olmak üzere tüm sebzeler, meyveler, tahıllar, kabuklu yemişler, bakliyatlar ve baklagillerin tüketimini içerir. Ayrıca bu beslenme modelinde orta düzeyde balık ve diğer et ile et ürünlerini, süt ve süt ürünlerini, kırmızı şarap; düşük miktarda da yumurta ve şeker yer almaktadır (Davis vd., 2015). Akdeniz tipi beslenme, bu bileşenleri ile ortalamadan düşük SGE miktarı başta olmak üzere çevresel etkisi diğer beslenme modellerine göre daha az olan bir beslenme modelidir (Dernini vd., 2017). Lübnan'da yapılan bir çalışmada, yetişkinler arasında batı ve yüksek proteinli beslenme modellerinin fazla miktarda çevresel ayak izlerine sahip olduğu; Lübnan-Akdeniz beslenme modelinin ise daha düşük su kullanımı ve SGE miktarına sahip olduğu bulunmuştur (Naja vd., 2018).

Ayrıca bu beslenme modeli temel alınarak oluşturulan; Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç ve İsveç'te yaygın olarak kabul görmüş Nordik tipi beslenme modelinde; sebze, bakliyat, meyve, balık ve diğer deniz ürünleri, kabuklu yemişler ve tohumlar artırılırken, şekerli içecek ve yiyecekler, tuz, işlenmiş kırmızı et ve alkol sınırlandırılır. Bunun yanı sıra tam tahıllı besinler, bitkisel yağlar, az yağlı süt ürünleri, bitkisel yağ bazlı sürülebilir ürünler de bu beslenme modelinde tüketilebilmektedir (Meltzer vd., 2019).

İki beslenme modelinde de yüksek miktarda tüketimi önerilen besinler düşük ve orta düzey SGE miktarına neden olmaktadır. Bu amaçla Hollanda'da yapılan bir çalışmada, geleneksel olarak tüketilen sığır eti, peynir, tereyağı ve atırtırmalıklardan; bitkisel besinlere, balık ve kabuklu deniz ürünlerine doğru geçişin gerekli olduğu gösterilmiştir (Broekema vd., 2020). Geleneksel beslenme modelleriyle karşılaştırıldığında hayvansal kaynaklı besinlerin oldukça az tüketimi, Akdeniz ve Nordik tipi beslenmeyi sürdürülebilir beslenme açısından oldukça önemli bir noktaya getirmektedir. Vejetaryen ve Nordik tipi beslenme modellerine kıyasla Akdeniz tipi beslenme modelinin

ülkemizde bilinirliği ve uygulanabilirliği daha yüksektir (Bayındır Gümüş ve Yardımcı, 2019; Duran vd., 2019) fakat tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de batı tarzı beslenme modeli gün geçtikçe artış göstermektedir (Bayram ve Öztürkcan, 2020b). Çevreye olan zararlı etkileri düşünüldüğünde, ülkemizde de halkı bilinçlendirerek Akdeniz tipi beslenme modelini yaygınlaştırmak hem sürdürülebilirlik hem de sağlık üzerine olan olumlu etkileri açısından yararlı olabilir.

Çift Piramit Modeli

Sürdürülebilir beslenmeye uyarlanabilir beslenme modelleri araştırılırken; İtalya'da Barilla Gıda ve Beslenme Merkezi (BCFN), farklı besin gruplarının sağlıklı beslenmeye hangi ölçüde katkıda bulduklarının ve çevresel etkilerinin resimli bir temsili olan "Çift Piramit Modeli"ni geliştirmiştir (BCFN, 2010). Bu model iki grafikten oluşmaktadır. İlk piramitte Akdeniz tipi

beslenme önerileri yer alırken; ikinci piramitte besinler ve çevreye olan olası zararlı etkileri arasındaki ilişki gösterilmektedir (Ciati ve Ruin, 2014). Beslenme düzeninde; piramidin tabanındaki meyve, sebze, tahıl ve bakliyatların yüksek tüketimi önerilirken; en üstte yer alan şeker ve kırmızı etin beslenme modelinde daha az yer alması gerektiği bildirilmiştir. Sağdaki piramidin en tepesinde ise çevreye en fazla zarar veren besinler olarak kırmızı et, peynir ve balık yer alırken; tahıl, makarna, pirinç, süt, meyve ve sebzelerin çevresel etkisinin nispeten diğer besinlere göre daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 1). Bu piramit, beslenme modeli olarak Akdeniz tipi beslenmeyi önermektedir. Ayrıca hayvansal ve bitkisel protein kaynaklı besinlerin çevreye etkilerinin illüstrasyon ile gösterilmesiyle sürdürülebilir beslenmeye örnek olabilecek beslenme modelleri için iyi bir kaynak niteliği taşımaktadır.



Şekil 1. Çift piramit modeli (BCFN, 2010)

Çizelge 3'te güncel literatürdeki geleneksel beslenme modelleri ile vejetaryen ve vegan beslenme, Akdeniz tipi beslenme gibi sürdürülebilir beslenmeye uygun beslenme modellerinin karşılaştırıldığı çalışmalar özetlenmiştir.

Alternatif Protein Kaynakları

Mevcut tüm esansiyel amino asit gereksinimlerini karşılayarak, kolayca sindirilip emilen; et, yumurta ve süt gibi geleneksel hayvansal protein kaynaklı besinler, yüksek kaliteli protein kaynakları olarak

kabul edilir. Bununla birlikte, küresel nüfusun 2050 yılına kadar yaklaşık 10.1 milyara ulaşması; iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, arazi kullanım değişikliği ve tatlı su kullanımı gibi çevresel zorluklarla birleştiğinde artan nüfusun protein ihtiyacını karşılamada çeşitli zorluklar görülecektir (Churchward-Venne vd., 2017). Bunun sonucunda; geleneksel hayvansal protein kaynaklı besinlerin yerine alternatif protein kaynaklarının üretiminin uygulanabilirliğine ilgi son yıllarda artmıştır (Aiking ve de Boer, 2020).

Ayrıca besin üretimi sürecinde, hayvansal protein kaynaklı besinlerin üretimi çevre üzerinde bitki bazlı protein kaynaklarının üretiminden daha büyük bir olumsuz etkiye sahiptir (Tilman ve Clark, 2014; Aiking ve de Boer, 2020). Bunun başlıca sebepleri hayvansal protein kaynaklarının daha fazla miktarda SGE'ye yol açması, daha fazla arazi ve nitrojen gereksinimi ile karasal ve suda yaşayan diğer biyoçeşitlilikler üzerindeki olası etkileridir (Davis vd., 2016; Grasso vd., 2019). İklim değişikliğini ve artan protein gereksinimini dengelemek için bilimsel çalışmalar ve gıda endüstrisi, protein açısından zengin besin kaynakları geliştirmek için bileşen olarak alternatif protein kaynaklarını araştırmaktadır (García-Segovia vd., 2020). Ancak bu araştırılan protein kaynaklarından hepsi ticarileştirilememektedir. Bir protein kaynağının stoklanıp, üretim faaliyetlerine sokulması için bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler sırasıyla; makul bir maliyetle fazla miktarlarda depolanabilmesi, mevsimsel değişimlerinin minimal seviyede olması, ortam sıcaklığında en az 12 ay kimyasal ve mikrobiyal olarak stabil kalabilmesi ve yasal olarak üretilebilmesidir. Bu özelliklere sahip olan alternatif protein kaynaklarından; bitkisel protein kaynağı algler, böcekten üretilmiş proteinler ve laboratuvar ortamında yetiştirilmiş et ile ilgili araştırmalar literatürde en yaygın olanlarıdır (Loveday, 2019).

Bitkisel Protein Kaynakları

BM, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrultusunda her türlü açlık ve yetersiz beslenmeyi sona erdirmek için daha uygun fiyatlı ve besleyici protein kaynakları araştırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde; kırmızı et, kümes hayvanları, balık, deniz ürünleri ve diğer yenilebilir tür etlerin yüksek fiyatları nedeniyle protein kaynakları genellikle tahıllar ve bakliyatlarla sınırlı kalmaktadır (Sahruzaini vd., 2020).

Tahılların yaklaşık %75'ini karbonhidratlar oluştururken, protein içerikleri %6-15 arasında değişmektedir. Protein kalitesi açısından tahıllar ve baklagiller karşılaştırıldığında tahılların protein sindirilebilirliği - düzeltilmiş amino asit skorlarının (PDCAAS) 63 ile 95 arasında, kuru baklagillerin ise 68-100 arasında olduğu bildirilmiştir

(Köseoğlu, 2019). Lipit içerikleri tahıl çeşidine bağlı olarak değişmekte; arpa, pirinç, çavdar ve buğdayda %1-3, mısırdaki %5-9, yulafta %5-10 arasındadır (McKevith, 2004). Bakliyatlar ise içerdiği protein oranının daha yüksek olması nedeniyle diğer bitkisel besinlere kıyasla daha fazla tercih edilmektedir. Sistein ve metiyonin aminoasitlerini içermemesine rağmen protein içerikleri tahıllarda bulunan miktarın yaklaşık 2 katıdır (Parca vd., 2018). Bu protein içeriklerine göre ülkemizde yaygın olarak kullanılan tahılların ve bakliyatların besin ögesi içerikleri Çizelge 4'te sunulmuştur.

Her ne kadar protein içerikleri hayvansal protein kaynaklı besinler ile karşılaştırılabilecek düzeyde olsa da tarım topraklarının çölleşmesi, su ve iklim değişikliğinin tahılların ve bakliyatların üretimlerini önümüzdeki yıllarda zorlaştırabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle üretimi nispeten iklime ve suya daha az bağımlı olan mikro ve makroalgler gibi yeni bitkisel protein kaynakları ön plana çıkmıştır (Ścieszka ve Klewicka, 2019).

Makro ve Mikroalgler

Algler, tatlı su ve deniz sistemlerinde bulunan prokaryotik veya ökaryotik mikroskobik tek hücreli organizmalardır. Atmosferik oksijenin yaklaşık yarısını üretirler ve foto ototrofik olarak büyümek için CO₂'yi kullanırlar. Yüzyıllardır besin olarak tüketilmelerine rağmen alg proteininin ekstraksiyonu ve saflaştırılması ile ilgili araştırmalar yeni yeni yapılmaya başlamıştır (Loveday, 2019; Ścieszka ve Klewicka, 2019).

Yeryüzünde en bol bulunan alg sınıfları *Cyanophyceae* (mavi-yeşil algler), *Chlorophyceae* (yeşil algler), *Bacillariophyceae* (diatomlar) ve *Chrysophyceae* (altın algler) olup kendi içlerinde makro ve mikroalgler başlıkları altında toplanmaktadır (García vd., 2017).

Arthrospira platensis (spirulina) ve *Chlorella* türleri gibi tek hücreli mikroalgler "Genel Olarak Güvenli" (Generally Recognized As Safe-GRAS) statüsündedir ve ticari olarak üretilebilmektedirler. Sırasıyla protein içerikleri %21-70 ve %51-58'dir. Makroalgler ise ticari olarak yetiştirilebilen; polisakkarit ve hayvan yemi

kaynağı olarak kullanılabilen veya sebze olarak tüketilebilen çok hücreli deniz veya tatlı su bitkileridir (deniz yosunları). Protein içerikleri kırmızı deniz yosunlarının birçoğunda %25-45 olup, kahverengi deniz yosunlarında ise bu değer %15'ten daha azdır (Loveday, 2019). Ayrıca yapılan *in vitro* çalışmalarda çoğu alg türlerinin protein kalitesinin %35-88 arasında değiştiği bildirilmiştir (Reitan, 2011; Bleakley ve Hayes, 2017; Tibbetts vd., 2017; Chen vd., 2019; Xia vd., 2019). Bu oranlara göre; alg türlerinin; tahıllar

(%69-84), baklagiller (%72-92), meyveler (%72-92) ve sebzeler (%68-80) dahil olmak üzere yaygın olarak tüketilen diğer bitkisel protein kaynaklarıyla karşılaştırılabilir düzeyde olduğu söylenebilir (Bleakley ve Hayes, 2017). Çizelge 5'te detaylı olarak bazı alg türlerinin kuru ağırlıktaki protein yüzdeleri ve kaliteleri gösterilmiştir. Gelecekteki çalışmalar, alg proteinlerinin ekstraksiyonu ve saflaştırılması üzerinde daha detaylı araştırmalar yaparak, alglerin bilinirliğini ve kullanımını yaygınlaştırabilir.

Çizelge 4. Bazı tahılların ve baklagillerin besin ögesi içerikleri (McKevith, 2004; Sarıoğlu ve Velioğlu, 2018)

Besin Ögesi	Beyaz Pirinç	Arpa (Çiğ)	Yulaf	Beyaz un	Nohut (koçbaşı)	Mercimek (Yeşil)	Fasulye (Dermason)	Bezelye
Enerji (kkal/kj)	383	-	--		334	299	281	309
Yağ (g)	3.60	1.70	9.20	1.20	5.33	0.92	1.35	1.15
Protein (g)	7.30	-	-	-	18.56	23.00	21.75	19.82
Lif (çözünebilen, g)	0.40	-	3.80	-	23.03	25.99	32.17	23.65
Tiamin (mg)	0.41	0.12	0.90	0.31	0.57	0.15	0.77	0.71
Ribofilavin (mg)	0.02	0.05	0.09	0.03	0.16	0.14	0.18	0.19
Niasin eşdeğerleri (mg)	5.80	4.80	3.40	3.60	3.10	4.60	4.10	3.80
Folat (µg)	20	20	60	22	149.70	-	-	101.50

*100 g'daki miktarları verilmiştir. kkal: kilokalori, g:gram, kj; kilojoule, mg: miligram µg: mikrogram

Çizelge 5. Bazı alg türlerinin protein miktarları ve kaliteleri (Reitan, 2011; Bleakley ve Hayes, 2017; Tibbetts vd., 2017; Brown vd., 2018; Chen vd., 2019; Xia vd., 2019)

Protein Kaynağı	Protein (%)	Protein Kalitesi (%)
Alg türleri		
<i>Chaetoceros</i> sp.	33.0	60.0
<i>Dunaliella</i> sp.	25.7	35.7
<i>Isochrysis</i> sp.	47.9	55.4
<i>Nannochloropsis</i> sp.	30.3	74.6
<i>Phaeodactylum</i> sp.	49.5	-
<i>Synechococcus</i> sp.	63.0	88.0
<i>Tetraselmis</i> sp.	30.7	-
<i>Chroococcidiopsis</i> sp.	60.3	-

Algler, yüksek protein içeriklerinin yanı sıra fotosentetik pigment (karotenoidler ve klorofiller), sterol, çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral, lif, polisakkarit, çeşitli enzim, peptitler ve toksinler gibi çok çeşitli bileşikler de üretebilmektedirler. Ayrıca farmakolojik olarak, anti-kanser, antioksidan ve anti-inflamatuar aktivitelere sahiptirler (Matos vd., 2017; Gómez-Zorita vd., 2019). Bu etkilerinden dolayı sağlığı olumlu yönde etkileyebilecekleri düşüncesi ile mikroalgler üzerindeki biyoteknolojik ilgi artmış durumdadır (García vd., 2017). Bu ilgi sonucunda mevcut besinlerin protein içeriklerinin mikro ve makroalgler ile zenginleştirilmesi çeşitli araştırmacılar tarafından denenmiştir. Bu çalışmaların birkaçında; alglerle zenginleştirilmiş birçok besin; çölyak hastalığı için glutensiz makarna (Fradinho vd., 2019), antioksidan kapasitesi artırılmış kurabiye (Batista vd., 2017), gluten ağının güçlendirildiği veya antioksidan kapasitesinin artırıldığı ekmek (Graça vd., 2018; Nunes vd., 2020) veya buğday krakeri (Batista vd., 2019), protein içeriği artırılmış İtalya ve Avrupa'ya özgü bir unlu mamul olan crostini (kızarmış küçük ekmek) (Niccolai vd., 2019), raf ömrünü artırmak için zenginleştirilmiş tam yağlı süt (Mok vd., 2016) ürünleri gibi birçok yenilikçi besin olarak yeniden üretilmiştir.

Ülkemizde ise *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş toplam antioksidan kapasitesi ve fenolik madde miktarı yüksek yoğurt (Aydemir ve Öner, 2020) ve probiyotik içeriği yüksek beyaz peynir (Suna, 2020), protein ve fenolik madde miktarı yüksek ekmek (İlhan vd., 2020) gibi ürünlere rastlanmaktadır fakat mikroalgler ile besin zenginleştirme araştırmaları ülkemizde oldukça sınırlıdır. Bu nedenle yaklaşan iklim ve yetersiz besin krizi düşünüldüğünde ülkemiz adına, alternatif bitkisel protein kaynakları daha fazla araştırılmalıdır.

Yenilebilir Böcekler

Son yıllarda, artan alternatif protein kaynağı arayışında yenilebilir böcekler, içerdiği makro ve mikro besin öğeleri açısından oldukça fazla dikkat çekmektedir. Böceklerin makro ve mikro besin öğesi değerleri türe, bağlı bulunduğu habitata, böceğin büyüme evresine, cinsiyetine ve pişirme

tekniklerine göre değişim göstermektedir. Literatürde yenilebilir böceklerin yumurta, larva, pupa ve ergin dönemlerinde protein içeriğinin %20-70 arasında olduğu belirtilmiştir (Özkan ve Güneş, 2020).

Yenilebilir böceklerin çoğunun, insan beslenmesinde yeterli enerji ve protein alımının yanı sıra esansiyel aminoasit gereksinimlerini de karşılayabileceği düşünülmektedir. Yenilebilir böcekler, yüksek kaliteli protein kaynakları olarak adlandırılabilir. Çünkü bu protein kaynaklarının esansiyel aminoasit profili %50 ile 80 arasındadır. Ayrıca bitki proteinleri ve et proteinleri ile karşılaştırıldığında toplam protein seviyesi de daha yüksektir (Muslu, 2020).

Bireylerin beslenmesinde yer alan diğer protein kaynakları ile kıyaslandığında çoğu böcek türü, zengin besin ögesi içeriğine sahip olması nedeni ile tercih edilebilir (Çizelge 6). Aynı zamanda yenilebilir böcekler yüksek verimliliğe sahip ve çevreye en az zararı veren alternatif protein kaynaklarından biridir (Muslu, 2020).

Genellikle Asya, Afrika ve Latin Amerika başta olmak üzere dünyada yaklaşık 2 milyar insan yenilebilir böcekleri tüketmektedir (Muslu, 2020). Bu bölgelerde en sık tüketilen böcek türleri; eşek arısı, tırtıl, arı ve karıncalardır. Ayrıca çekirge, yusuçuk, cırcır böceği, yaprak böceği, ağustos böceği, termit, sinek ve diğer türler de tüketimde tercih edilmektedir (FAO, 2020b). Ülkemizde ise yenilebilir böceklerin tüketimi yaygın olarak görülmemektedir. Toplumumuzda tüketiminin kabulünün uzun zaman alabileceği düşünülmektedir fakat gelecekte meydana gelmesi olası olan iklim krizi düşünüldüğünde, zor olsa da bu konuda halkın bilinç düzeyini artırıcı çalışmalar yapılabilir.

Bunların yanı sıra, gıda endüstrisinde yenilebilir böceklerin işlenmesi sırasında oluşabilecek alerjenler, toksinler ve kontaminantlar hakkında kapsamlı herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu alanda geniş çaplı araştırmalar yapılarak, ilgili mevzuatlar geliştirilebilir.

Çizelge 6. Bazı böcek türlerinin, seçilmiş besinler ile karşılaştırılması (Loveday, 2019; TURKOMP, 2021)

Böcek veya besin	Protein (% kuru ağırlık)	Yağ (% kuru ağırlık)	Enerji (kkal/100 g)
Coleoptera (yetişkin böcekler, larvalar)	40.7	33.4	490.3
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (hurma kurdu larvaları)	32.9	36.9	478.9
<i>Tenebrio molitor</i> (un kurdu larvaları)	48.4	38.5	557.1
Diptera (sinekler)	49.5	22.8	409.8
Hemiptera (yarım kanatlılar)	48.3	30.3	479.0
Hymenoptera (karıncalar, arılar)	46.5	25.1	484.5
<i>Oecophylla smaragdina</i> (dokumacı karınca)	53.5	13.5	-
Isoptera (termitler)	35.3	32.7	-
Lepidoptera (kelebekler, güveler)	45.4	27.7	508.9
<i>Bombyx mori</i> (ipek böceği larvaları)	61.8	8.8	389.6
<i>Cirina forda</i> (shea tırtıl)	47.5	11.5	359.0
<i>Galleria mellonella</i> (balmumu kurtları)	38.0	56.7	650.1
<i>Samia cynthia ricinii</i> (ailanthus ipek böceği pupası)	54.7	25.6	463.6
Odonata (yusufçuklar, kız böcekleri)	55.2	19.8	431.3
Orthoptera (cırcır böcekleri, çekirgeler, çekirgeler)	61.2	13.4	426.3
<i>Acheta domesticus</i> (kriket yetişkin)	65.0	23.0	455.2
<i>Schistocerca</i> sp.	61.1	17.0	427.0
<i>Sphenarium purpuracens</i> (Chapulín yetişkin)	61.3	11.7	404.2
<i>Ruspolia differens</i> (kahverengi longhorn çekirge)	44.3	46.2	
Yağsız süt tozu	37.3	0.8	373.8
Peynir altı suyu proteini izolatu	92.0–96.1	0.4–1.0	-
İzole soya proteini	92.9	3.6	353.0
Çiğ biftek	81.2	14.1	454.9
Yumurta*	11.9-16.5	8.5-11.0	140.0
İnek sütü tam yağlı*	2.8	2.8	58.0
Beyaz peynir tam yağlı*	16.0	23.6	309.0
Yoğurt tam yağlı*	4.5	3.8	69.0
Bulgur*	12.0	4.0	357.0
Nohut*	18.6	5.3	334.0
Mercimek*	23.0	0.9	299.0

*TÜRKOMP verileri kullanılarak hesaplanmıştır. kkal: kilokalori, g:gram

Laboratuvar Ortamında Yetiştirilmiş Et

Oldukça yeni olan kültür ortamında yetiştirilmiş et, ilk olarak 2013 yılında Maastricht Üniversitesi'nde yapılmış bir çalışmada, laboratuvar ortamında yetiştirilen sığır hücrelerinden oluşan bir hamburger köftesi şeklinde üretilmiştir (Loveday, 2019). Bu yöntemde; canlı bir

hayvandan biyopsi ile alınan iskelet kası kök hücreleri, laboratuvar ortamında çoğaltılmış, farklılaştırılmış ve yeni doku yapıları tasarlanmıştır (Kumar vd., 2017; Loveday, 2019). Laboratuvar ortamında üretilen et için yasal durum ve etiketleme gereksinimleri halen tartışılmaktadır. Gereklili alt yapı kurulduğunda ve çalışmalar

başladığında bireylerin diğer protein kaynaklarına kıyasla nispeten laboratuvar ortamında yetiştirilmiş eti daha kolay kabul edebileceği öngörülmektedir.

Ayrıca, literatürde diğer alternatif protein kaynaklarının kabul edilebilirliğinin araştırıldığı çalışmalarda; besin neofobisinin bu protein kaynaklarına karşı olan kabullenmeyi engellediği (Mancini vd., 2019; de Koning vd., 2020), böcek unundan elde edilen ekmeğin "tikinti ve endişe" uyandırdığı (García-Segovia vd., 2020), çoğunluğun (%89.5) yapılan herhangi bir ürünü denemeyi reddettiği (Kostecka vd., 2017), bunların yanı sıra bu protein kaynaklarından en çok bitkisel protein kaynaklarının (%58) tercih edildiği (Grasso vd., 2019), spirulina tadına aşinalığın kabul edilebilirliği artırdığı (Grahl vd., 2020) bildirilmiştir.

SONUÇ

Günümüzde hem dünya hem de ülkemiz, artan nüfusa paralel olarak meydana gelen çevresel etkiler nedeniyle iklim kriziyle karşı karşıyadır. Bu nedenle özellikle atmosferi etkileyen sera gazı etkisini azaltıcı önlemler alınması gerekmektedir. "Sürdürülebilirlik" bu nedenle daha da önem kazanmaktadır. Yapılan çalışmalar özellikle yüksek hayvansal kaynaklı besin tüketiminin sera gazını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle Akdeniz tipi beslenme, vejetaryen ve vegan beslenme gibi bitkisel protein kaynaklı besinlerin yaygın olarak tüketildiği beslenme modelleri ön plana çıkmaktadır. Bu beslenme modellerinin hem ülkemizde hem de dünyada yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca literatürde hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak geliştirilmiş yeni protein kaynakları mevcuttur. Bu kaynaklar besin zenginleştirme çalışmaları ile yaygınlaştırılabilir ve ülkemizde de tüketimi bu sayede artırılabilir.

Bunların yanı sıra, sürdürülebilirliğin yaygınlaşması adına BM tarafından 2021 yılı "Uluslararası Meyve ve Sebze Yılı" olarak ilan edilmiştir. Burada amaç sürdürülebilirliği sağlamanın yanı sıra meyve ve sebze sektörüne dikkat çekmek; insanların ve çevrenin daha sağlıklı olmasını sağlayacak bir üretim ve tüketim

yaklaşımına bütüncül bir bakış açısı sağlamaktır (FAO, 2020a). Türkiye, dünya sebze üretiminde dördüncü meyve üretiminde ise beşinci sırada yer alırken; domates (TAGEM, 2019) ve kiraz ihracatında ise birinci sırada yer alarak önemli bir konumdadır (Bayram ve Öztürkcan, 2020a). Yüksek sebze ve meyve üretim potansiyeli düşünüldüğünde, ülkemizin bu potansiyelini kullanarak yapacağı tanıtım faaliyetleri ve toplumu bilinçlendirme çalışmaları "sürdürülebilir beslenme" adına oldukça önemli bir fırsat olabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

BC; derlemeyi planlayarak, kaynak taraması, veri toplama ve makalenin yazımını sağlamıştır. HMB; derlemeyi planlayarak, derlemenin tasarımı, kaynakların sınıflandırılması, veri işleme, analiz ve yorum ile makalenin yazımı ve literatüre kazandırılması çalışmalarını gerçekleştirmiştir. SAÖ; derlemenin planlanması, tasarımı, eleştirel incelemesi, süreçlerin denetimi ve danışmanlığını yürütmüştür. BC, HMB ve SAÖ makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

Acet, D.B. (2017). Dietary pattern-induced greenhouse gas emission and water footprint estimations in Turkey. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Doğa ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü Dünya Sistem Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 170 s.

Aiking, H., de Boer, J. (2020). The next protein transition. *Trends Food Sci Technol*, 105: 515-522. doi:10.1016/j.tifs.2018.07.008.

Akyüz, A. (2019). Yaşamsal bilinmezlik: İklim krizi ve gıda. *Toplum ve Hekim*, 34(5): 348-355.

Arrieta, E.M., González, A.D. (2018). Impact of current, National Dietary Guidelines and alternative diets on greenhouse gas emissions in Argentina. *Food Policy*, 79: 58-66. doi:10.1016/j.foodpol.2018.05.003.

Aydemir, S., Öner, Z. (2020). Farklı konsantrasyonlarda Spirulina platensis eklenmiş

- yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *SDÜ Fen Bil Enst Der*, 24(3): 553-565. doi:10.19113/sdufenbed.534480.
- Barilla Center For Food Nutrition (BCFN) (2010). Double pyramid: healthy food for people and sustainable for the planet. Parma, Italy. <https://www.barillacfn.com/m/publications/pp-double-pyramid-healthy-diet-for-people-sustainable-for-the-planet.pdf> (Erişim Tarihi: 11.03.2021).
- Batista, A.P., Niccolai, A., Bursic, I., Sousa, I., Raymundo, A., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M.R. (2019). Microalgae as functional ingredients in savory food products: application to wheat crackers. *Foods*, 8(12): 611. doi:10.3390/foods8120611.
- Batista, A.P., Niccolai, A., Fradinhoa, P., Fragoosa, S., Bursic, I., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M.R., Sousa, I., Raymundo, A. (2017). Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Res*, 26: 161-171. doi: 10.1016/j.algal.2017.07.017.
- Bayındır Gümüş, A., Yardımcı, H. (2019). Öğrencilerin ev dışı ana öğün tüketimlerine ve antropometrik ölçümlerine göre akdeniz diyet uyumlarının incelenmesi. *STED*, 28(6): 397-403. doi: 10.17942/sted.629541.
- Bayram, H.M., Öztürkcan, S.A. (2020a). Antosiyanince zengin kiraz grubu meyvelerin insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen klinik çalışmalara bir bakış. *İGÜSABDER*, 11: 230-254. doi: 10.38079/igusabder.748640.
- Bayram, H.M., Öztürkcan, S.A. (2020b). Gıda katkı maddelerinin mikrobiyota üzerine etkisi. *GIDA*, 45(5): 1030-1046. doi: 10.15237/gida.GD20070.
- Bleakley, S., Hayes, M. (2017). Algal proteins: extraction, application, and challenges concerning production. *Foods*, 6(5): 33. doi:10.3390/foods6050033.
- Boehm, R., Ver Ploeg, M., Wilde, P.E., Cash, S.B. (2019). Greenhouse gas emissions, total food spending and diet quality by share of household food spending on red meat: results from a nationally representative sample of US households. *Public Health Nutr*, 22(10): 1794-1806. doi:10.1017/S136898001800407X.
- Broekema, R., Tyszler, M., van 't Veer, P., Kok, F.J., Martin, A., Lluch, A., Blonk, H.T.J. (2020). Future-proof and sustainable healthy diets based on current eating patterns in the Netherlands. *Am J Clin Nutr*, 112(5): 1338-1347. doi:10.1093/ajcn/nqaa217.
- Brown, J.J., Das, P., Al-Saidi, M. (2018). Sustainable agriculture in the Arabian/Persian Gulf Region utilizing marginal water resources: Making the best of a bad situation. *Sustainability*, 10(5): 1364. doi: 10.3390/su10051364.
- Chen, M.F., Zhang, Y.Y., He, M.D., Li, C.Y., Zhou, C.Z., Hong, P.Z., Qian, Z.J. (2019). Antioxidant peptide purified from enzymatic hydrolysates of *Isochrysis Zhanjiangensis* and its protective effect against ethanol induced oxidative stress of HepG2 Cells. *Biotechnol Bioprocess Eng*, 24: 308-317. doi: 10.1007/s12257-018-0391-5.
- Churchward-Venne, T.A., Pinckaers, P.J.M., van Loon, J.J.A., van Loon, L.J.C. (2017). Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutr Rev*, 75(12): 1035-1045. doi:10.1093/nutrit/nux057.
- Davis, C., Bryan, J., Hodgson, J., Murphy, K. (2015). Definition of the Mediterranean Diet; a literature review. *Nutrients*, 7(11): 9139-9153. doi:10.3390/nu7115459.
- Davis, K., Gephart, J.A., Emery, K.A., Leach, A.M., Galloway, J., D'Odorico, P. (2016). Meeting future food demand with current agricultural resources. *Glob Environ Change*, 39: 125-132. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2016.05.004.
- de Koning, W., Dean, D., Vriesekoop, F., Aguiar, L.K., Anderson, M., Mongondry, P., Oppong-Gyamfi, M., Urbano, B., Luciano, C.A.G., Jiang, B., Hao, W., Eastwick, E., Jiang, Z., Boereboom, A. (2020). Drivers and inhibitors in the acceptance of meat alternatives: the case of plant and insect-based proteins. *Foods*, 9(9): 1292. doi:10.3390/foods9091292.

- Dernini, S., Berry, E.M., Serra-Majem, L., La Vecchia, C., Capone, R., Medina, F.X., Aranceta-Bartrina, J., Belahsen, R., Burlingame, B., Calabrese, G., Corella, D., Donini, L.M., Lairon, D., Meybeck, A., Pekcan, A.G., Piscopo, S., Trichopoulou, A. (2017). Med Diet 4.0: the Mediterranean diet with four sustainable benefits. *Public Health Nutr*, 20(7): 1322-1330. doi:10.1017/s1368980016003177.
- Dinu, M., Abbate, R., Gensini, G.F., Casini, A., Sofi, F. (2017). Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: a systematic review with meta-analysis of observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(17): 3640-3649. doi:10.1080/10408398.2016.1138447.
- Duran, S., Durmuşçelebi, E., Yalçın, M., Karmil, G., Radonciq, A. (2019). Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi birinci ve ikinci öğretiminde okuyan öğrencilerin uyku durumları ve beslenme alışkanlıklarının karşılaştırılması. *EJFM*, 8(2): 78-83. doi: 10.33880/ejfm.2019080204.
- Ernstoff, A., Stylianou, K.S., Sahakian, M., Godin, L., Dauriat, A., Humbert, S., Erkman, S., Jolliet, O. (2020). Towards win-win policies for healthy and sustainable diets in Switzerland. *Nutrients*, 12(9): 2745. doi:10.3390/nu12092745.
- FAO. (2020a). Fruit and vegetables – your dietary essentials, The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper. [http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb2395en/#:~:text=The%20International%20Year%20of%20Fruits%20and%20Vegetables%202021%20\(IYFV\)%2C,the%20contribution%20of%20fruit%20and](http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb2395en/#:~:text=The%20International%20Year%20of%20Fruits%20and%20Vegetables%202021%20(IYFV)%2C,the%20contribution%20of%20fruit%20and) (Erişim Tarihi: 10.03.2021).
- FAO. (2020b). Insects for food and feed. The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. <http://www.fao.org/edible-insects/en/> (Erişim tarihi: 08.01.2020).
- Fradinho, P., Niccolai, A., Soares, R., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M.R., Sousa, I., Raymundo, A. (2019). Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. *Algal Res*, 45: 101743. doi:10.1016/j.algal.2019.101743.
- Fresán, U., Sabaté, J. (2019). Vegetarian Diets: Planetary health and its alignment with human health. *Adv Nutr*, 10(Suppl_4): 380-388. doi:10.1093/advances/nmz019.
- García-Segovia, P., Igual, M., Martínez-Monzó, J. (2020). Physicochemical properties and consumer acceptance of bread enriched with alternative proteins. *Foods*, 9(7): 933. doi:10.3390/foods9070933.
- García, J.L., de Vicente, M., Galán, B. (2017). Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microb Biotechnol*, 10(5): 1017-1024. doi:10.1111/1751-7915.12800.
- Gómez-Zorita, S., Trepiana, J., González-Arceo, M., Aguirre, L., Milton-Laskibar, I., González, M., Eseberri, I., Fernández-Quintela, A., Portillo, M.P. (2019). Anti-obesity effects of microalgae. *Int J Mol Sci*, 21(1): 41. doi:10.3390/ijms21010041.
- Graça, C., Fradinho, P., Sousa, I., Raymundo, A. (2018). Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture. *LWT*, 89: 466-474. doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.024.
- Grahl, S., Strack, M., Mensching, A., Mörlein, D. (2020). Alternative protein sources in Western diets: Food product development and consumer acceptance of spirulina-filled pasta. *Food Qual Prefer*, 84: 103933. doi: 10.1016/j.foodqual.2020.103933.
- Grasso, A. C., Hung, Y., Olthof, M.R., Verbeke, W., Brouwer, I.A. (2019). Older consumers' readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union. *Nutrients*, 11(8): 1904. doi: 10.3390/nu11081904.
- Green, R. F., Joy, E. J. M., Harris, F., Agrawal, S., Aleksandrowicz, L., Hillier, J., Macdiarmid, J.I., Milner, J., Vetter, S. H., Smith, P., Haines, A., Dangour, A.D. (2018). Greenhouse gas emissions and water footprints of typical dietary patterns in India. *Sci Total Environ*, 643: 1411-1418. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.258.
- Grosso, G., Fresán, U., Bes-Rastrollo, M., Marventano, S., Galvano, F. (2020).

- Environmental impact of dietary choices: role of the Mediterranean and other dietary patterns in an Italian cohort. *Int J Environ Res Public Health*, 17(5): 1468. doi:10.3390/ijerph17051468.
- Hendrie, G.A., Baird, D., Ridoutt, B., Hadjikakou, M., Noakes, M. (2016). Overconsumption of energy and excessive discretionary food intake inflates dietary greenhouse gas emissions in Australia. *Nutrients*, 8(11): 690. doi:10.3390/nu8110690.
- Hendrie, G.A., Ridoutt, B.G., Wiedmann, T.O., Noakes, M. (2014). Greenhouse gas emissions and the Australian diet—comparing dietary recommendations with average intakes. *Nutrients*, 6(1): 289-303. doi:10.3390/nu6010289.
- İlhan, E., Büyükişgi, A. N., Ermiş, E. (2020). Mavi-yeşil alg *Spirulina platensis*'in buğday ekmeğinde kimyasal, duyuşal ve antifungal etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 0(24): 22-29. ISSN: 1303-3107.
- Kostecka, J., Konieczna, K., Cunha, L.M. (2017). Evaluation of insect-based food acceptance by representatives of Polish consumers in the context of natural resources processing retardation. *J Ecol Eng*, 18(2): 166-174. doi:10.12911/22998993/68301.
- Köseoğlu, S.Z. (2019). Bazı tahıl ürünlerinin protein kalite indeksinin protein sindirilebilirliği – düzeltilmiş amino asit skoru (PDCAAS) metodu ile belirlenmesi. *EJOSAT*, 17: 477-482. doi: 10.31590/ejosat.633638.
- Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., Verma, A.K. (2017). Meat analogues: health promising sustainable meat substitutes. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(5): 923-932. doi:10.1080/10408398.2014.939739.
- Loveday, S.M. (2019). Food proteins: technological, nutritional, and sustainability attributes of traditional and emerging proteins. *Annu Rev Food Sci Technol*, 10: 311-339. doi:10.1146/annurev-food-032818-121128.
- Mancini, S., Sogari, G., Menozzi, D., Nuvoloni, R., Torracca, B., Moruzzo, R., Paci, G. (2019). Factors predicting the intention of eating an insect-based product. *Foods*, 8(7): 270. doi:10.3390/foods8070270.
- Matos, J., Cardoso, C., Bandarra, N.M., Afonso, C. (2017). Microalgae as healthy ingredients for functional food: a review. *Food Funct*, 8(8): 2672-2685. doi:10.1039/c7fo00409e.
- McKevith, B. (2004). Nutritional aspects of cereals. *Nutr Bull*, 29(2): 111-142. doi: 10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x.
- Meltzer, H.M., Brantsæter, A.L., Trolle, E., Eneroth, H., Fogelholm, M., Ydersbond, T.A., Birgisdottir, B.E. (2019). Environmental sustainability perspectives of the Nordic diet. *Nutrients*, 11(9): 2248. doi:10.3390/nu11092248.
- Meyer, N., Reguant-Closa, A. (2017). "Eat as if you could save the planet and win!" sustainability integration into nutrition for exercise and sport. *Nutrients*, 9(4): 412. doi:10.3390/nu9040412.
- Mogensen, L., Hermansen J.E., Trolle, E. (2020). The climate and nutritional impact of beef in different dietary patterns in Denmark. *Foods*, 9(9): 1176. doi:10.3390/foods9091176.
- Mok, I.K., Yoon, J.R., Pan, C.H., Kim, S.M. (2016). Development, quantification, method validation, and stability study of a novel fucoxanthin-fortified milk. *J Agric Food Chem*, 64(31): 6196-6202. doi:10.1021/acs.jafc.6b02206.
- Murakami, K., Livingstone, M.B.E. (2018). Greenhouse gas emissions of self-selected diets in the UK and their association with diet quality: is energy under-reporting a problem? *Nutr J*, 17(1): 27. doi:10.1186/s12937-018-0338-x.
- Muslu, M. (2020). Sağlığın geliştirilmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak: yenilebilir böcekler. *GIDA*, 45(5): 1009-1018. doi: 10.15237/gida.GD20071.
- Naja, F., Jomaa, L., Itani, L., Zidek, J., El Labban, S., Sibai, A.M., Hwalla, N. (2018). Environmental footprints of food consumption and dietary patterns among Lebanese adults: a cross-sectional study. *Nutr J*, 17: 85. doi:10.1186/s12937-018-0393-3.
- NASA (2021). Global Climate Change, vital signs of the planet. <https://climate.nasa.gov/vital->

- signs/global-temperature/ (Erişim Tarihi: 10.03.2021).
- Nelson, M.E., Hamm, M.W., Hu, F.B., Abrams, S.A., Griffin, T.S. (2016). Alignment of healthy dietary patterns and environmental sustainability: a systematic review. *Adv Nutr*, 7(6): 1005-1025. doi:10.3945/an.116.012567.
- Niccolai, A., Venturi, M., Galli, V., Pini, N., Rodolfi, L., Biondi, N., D'Ottavio, M., Batista, A.P., Raymundo, A., Granchi, L., Tredici, M.R. (2019). Development of new microalgae-based sourdough "crostini": functional effects of *Arthrospira platensis* (spirulina) addition. *Sci Rep*, 9: 19433. doi:10.1038/s41598-019-55840-1.
- Nunes, M.C., Graça, C., Vlaisavljević, S., Tenreiro, A., Sousa, I., Raymundo, A. (2020). Microalgal cell disruption: effect on the bioactivity and rheology of wheat bread. *Algal Res*, 45: 101749. doi: 10.1016/j.algal.2019.101749.
- Özkan, M., Güneş, E. (2020). Alternatif gıda kaynağı olarak yenilebilir böceklerin kullanımına dair bakış açılarının değerlendirilmesi. *JOTAGS*, 8(2): 839-851. doi:10.21325/jotags.2020.583.
- Parca, F., Koca, Y.O., Aydın, U. (2018). Nutritional and antinutritional factors of some pulses seed and their effects on human health. *Int J Sec Metabolite*, 5(4): 331-342. doi: 10.21448/ijsm.488651.
- Pekcan, A.G. (2019). Sürdürülebilir beslenme ve beslenme örüntüsü: bitkisel kaynaklı beslenme. *Bes Diy Der*, 47(2): 1-10. doi:10.33076/2019.BDD.1268.
- Perçin, D. (2017). Paris Zirvesi'nden Bonn Zirvesi'ne Küresel İklim Zirveleri. <http://jusgentiumint.org/wp-content/uploads/2017/06/bonn-zirvesi.pdf> (Erişim Tarihi: 11.03.2021).
- Reitan, K.I. (2011). Digestion of lipids and carbohydrates from microalgae (*Chaetoceros muelleri* Lemmermann and *Isochrysis* aff. *galbana* clone T-ISO) in juvenile scallops (*Pecten maximus* L.). *Aquac Res*, 42(10): 1530-1538. doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02745.x.
- Ruini, L.F., Ciati, R., Pratesi, C.A., Marino, M., Principato, L., Vannuzzi, E. (2015). Working toward healthy and sustainable diets: The "Double Pyramid Model" developed by the barilla center for food and nutrition to raise awareness about the environmental and nutritional impact of foods. *Front Nutr*, 2: 9. doi:10.3389/fnut.2015.00009.
- Sahruzaini, N.A., Rejab, N.A., Harikrishna, J.A., Khairul Ikram, N.K., Ismail, I., Kugan, H.M., Cheng, A. (2020). Pulse crop genetics for a sustainable future: where we are now and where we should be heading. *Front Plant Sci*, 11: 531. doi:10.3389/fpls.2020.00531.
- Sarıoğlu, G., Veliöğlu, Y. (2018). Baklagillerin bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4): 483-496. doi:10.24323/akademik-gida.505547.
- Satiya, A., Hu, F.B. (2018). Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends Cardiovasc Med*, 28(7): 437-441. doi:10.1016/j.tcm.2018.02.004.
- Ścieszka, S., Klewicka, E. (2019). Algae in food: a general review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(21): 3538-3547. doi:10.1080/10408398.2018.1496319.
- Sjörs, C., Hedenus, F., Sjölander, A., Tillander, A., Bälter, K. (2017). Adherence to dietary recommendations for Swedish adults across categories of greenhouse gas emissions from food. *Public Health Nutr*, 20(18): 3381-3393. doi: 10.1017/S1368980017002300.
- Spiker, M., Reinhardt, S., Bruening, M. (2020). Academy of Nutrition and Dietetics: Revised 2020 Standards of Professional Performance for Registered Dietitian Nutritionists (competent, proficient, and expert) in sustainable, resilient, and healthy food and water systems. *J Acad Nutr Diet*, 120(9): 1568-1585. doi:10.1016/j.jand.2020.05.010.
- Sranacharoenpong, K., Soret, S., Harwatt, H., Wien, M., Sabaté, J. (2015). The environmental cost of protein food choices. *Public Health Nutr*, 18(11): 2067-2073. doi:10.1017/S1368980014002377.
- Sugimoto, M., Murakami, K., Fujiwara, A., Asakura, K., Masayasu, S., Sasaki, S. (2020). Association between diet-related greenhouse gas

- emissions and nutrient intake adequacy among Japanese adults. *PLoS One*, 15(10): e0240803. doi:10.1371/journal.pone.0240803.
- Suna, G. (2020). Spirulina platensis ve Chlorella vulgaris ile zenginleştirilmiş probiyotik beyaz peynir üretiminin araştırılması. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 219 s.
- TAGEM. (2019). Yaş meyve ve sebze çalıştay. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Duyurular/%C3%87A1%C4%B1%C5%9Ftay%20Raporu%20son%20hali.pdf> (Erişim Tarihi: 12.03.2021).
- Tibbetts, S.M., Yasumaru, F., Lemos, D. (2017). In vitro prediction of digestible protein content of marine microalgae (*Nannochloropsis granulata*) meals for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Algal Res*, 21: 76-80. doi: 10.1016/j.algal.2016.11.010.
- Tilman, D., Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528): 518-522. doi:10.1038/nature13959.
- Tseng, A.A. (2020). Equivalent reduction in greenhouse gas emissions by Mahayana buddhists practicing vegetarian diets. *J Relig Health*, 59(1): 598-613. doi:10.1007/s10943-017-0511-0.
- TURKOMP (2021). Ulusal gıda kompozisyon veri tabanı <http://www.turkomp.gov.tr/database?type=foods> (Erişim Tarihi: 12.03.2021).
- T.C. Sağlık Bakanlığı (2019). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması 2017. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-i-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/TBSA_RAPOR_KITAP_20.08.pdf (Erişim tarihi: 08.01.2020).
- TÜİK (2020). Sera gazı emisyon istatistikleri, 1990-2018. <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33624> (Erişim Tarihi: 26.01.2021).
- United Nations (2016). Sustainable development goals. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> (Erişim Tarihi: 22.01.2021).
- United Nations (2019). World population prospects 2019. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_DataBooklet.pdf (Erişim Tarihi: 10.03.2021).
- United Nations (2021). Sustainable development goals, goals 2: zero hunger. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/> (Erişim Tarihi: 27.01.2021).
- Vázquez-Rowe, I., Larrea-Gallegos, G., Villanueva-Rey, P., Gilardino, A. (2017). Climate change mitigation opportunities based on carbon footprint estimates of dietary patterns in Peru. *PLoS One*, 12(11): e0188182. doi:10.1371/journal.pone.0188182.
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., et al. (2020). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *Lancet*, 397(10269): 129-170. doi:10.1016/S0140-6736(20)32290-X.
- Widmer, J.R., Flammer, A.J., Lerman, L.O., Lerman, A. (2015). The Mediterranean diet, its components, and cardiovascular disease. *Am J Med*, 128(3): 229-238. doi:10.1016/j.amjmed.2014.10.014.
- Xia, E., Zhai, L., Huang, Z., Liang, H., Yang, H., Song, G., Li, W., Tang, H. (2019). Optimization and identification of antioxidant peptide from Underutilized *Dunaliella salina* protein: extraction, in vitro gastrointestinal digestion, and fractionation. *Biomed Res Int*, 2019: 6424651. doi:10.1155/2019/6424651.
- Zurek, M., Hebinck, A., Leip, A., Vervoort, J., Kuiper, M., Garrone, M., Havlik, P., Heckeley, T., Hornborg, S., Ingram, J., Kujisten, A., Shutes, L., Gelejinse J.M., Terluin, I., van't Veer, P., Wijnands, J., Zimmermann, A., Achterbosch, T. (2018). Assessing sustainable food and nutrition security of the EU food system-an integrated approach. *Sustainability*, 10: 4271. doi:10.3390/su10114271.



FARKLI KURUTMA METOTLARI İLE ELDE EDİLEN HÜNNAP (*ZIZYPHUS JUJUBA*) MEYVE TOZLARININ BİSKÜVİ ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Büşra Koyuncu, Mustafa Kürşat Demir, Nezahat Olcay*

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Köyceğiz Kampüsü, 42090, Konya

Geliş / Received: 29.03.2021; Kabul / Accepted: 12.07.2021; Online baskı / Published online: 31.08.2021

Koyuncu, B., Demir, M.K., Olcay, N. (2021). Farklı kurutma metodları ile elde edilen hünnap (*Zizyphus jujuba*) meyve tozlarının bisküvi üretiminde kullanım olanakları. *GIDA* (2021) 46 (5) 1158-1170 doi: 10.15237/gida.GD21057

*Koyuncu, B., Demir, M.K., Olcay, N. (2021). The usage possibilities of jujube (*Zizyphus jujuba*) fruit powders obtained by different drying methods in biscuit production. GIDA (2021) 46 (5) 1158-1170 doi: 10.15237/gida.GD21057*

ÖZ

Bu çalışmada üç farklı metotla kurutulan (konveksiyonel, vakum, mikrodalga) hünnap meyvesi, formülasyonda farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) bisküvilik una ikame edilmiş, elde edilen örneklerin fiziksel (çap, kalınlık, yayılma oranı), tekstürel (sertlik, kırılgenlik), renk (L^* , a^* , b^*), kimyasal (nem, ham yağ, ham protein, kül, karbonhidrat, enerji) ve duyuşal özellikleri ile fitik asit ve toplam fenolik madde miktarları incelenmiştir. Örneklerde ikame oranı artıkça L^* değerleri düşmekte, a^* ve b^* değerleri artmaktadır. Bisküvilere %20 hünnap tozu ikamesi ile örneklerin ham protein miktarı %8.92'den %6.41'e, fitik asit içeriği ise 168.62 mg/100 g'dan 117.55 mg/100 g'a düşerken, toplam fenolik madde miktarı 0.73 mg/g'dan 1.03 mg/g'a yükselmiştir. Duyuşal analizde en yüksek beğeniyi, vakum kurutma metoduyla kurutulan hünnabın %10 oranında ikame edildiği örnekler kazanmıştır. Bu çalışmada, hünnap tozunun gıda formülasyonlarında değerlendirilebilecek önemli bir fonksiyonel bileşen olduğu, hünnap tozu üretiminde ise mikrodalga ve vakum kurutmanın besinsel özellikleri daha iyi şekilde koruyan metodlar olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Bisküvi, hünnap, konveksiyonel kurutma, mikrodalga kurutma, vakum kurutma

THE USAGE POSSIBILITIES OF JUJUBE (*ZIZYPHUS JUJUBA*) FRUIT POWDERS OBTAINED BY DIFFERENT DRYING METHODS IN BISCUIT PRODUCTION

ABSTRACT

In this study jujube fruits dried by convection, vacuum and microwave and substituted into biscuit formulation at ratios of 0, 5, 10, 15 and 20%, and dimensional, textural, color, chemical, sensory properties, phytic acid and total phenolic contents of biscuit samples were examined. As the substitution ratio increased, L^* value decreased, a^* and b^* values also increased. With the substitution of 20% jujube powder to the biscuits, the crude protein content of samples decreased from 8.92% to 6.41%, and phytic acid content from 168.62 mg/100 g to 117.55 mg/100 g, while total phenolic

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ olcaynezahat@gmail.com

☎ (+90) 332 325 4000

☎ (+90) 332 325 2024

Büşra Koyuncu; ORCID no: 0000-0001-8347-4612

Mustafa Kürşat Demir; ORCID no: 0000-0002-4706-4170

Nezahat Olcay; ORCID no: 0000-0003-3302-8969

content was increased from 0.73 mg/g to 1.03 mg/g. In sensory analysis, samples with 10% substitution of vacuum-dried jujube had the highest admiration. In conclusion, jujube powder is an important functional ingredient that can be evaluated in food formulations, and microwave and vacuum drying preserve nutrients efficiently in jujube powder production.

Keywords: Biscuit, Jujube, convectional drying, microwave drying, vacuum drying

GİRİŞ

Rhamnaceae familyasının bir üyesi olan hünnap (*Zizyphus jujuba*) oval şekilli, kahverengi, ince kabuklu bir meyvedir (Yaşa, 2016). Çin orijinli olan hünnabın yetiştirme alanı zamanla genişlemiş, Rusya, Kuzey Afrika, Güney Avrupa, Orta Doğu ve Güneybatı Birleşik Devletler'e kadar yayılmıştır (Jin, 2018). Yabani bir bitki olan hünnabın Hint hünnabı (*Zizyphus mauritiana* Lam.) ve yaygın hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) olmak üzere iki büyük türü bulunmaktadır (Hasan vd., 2014; Jin, 2018). Hünnap meyvesinin kimyasal bileşiminde yaklaşık olarak %77.86 su, %0.2 protein, % 0.2 yağ, % 20.23 karbonhidrat, %0.51 kül ve vitamin, mineraller gibi diğer minör bileşikler bulunmaktadır (Anonymous, 2019). Yağ içeriği oldukça düşük olan hünnaptaki başlıca yağ asitleri oleik asit, linoleik asit, palmitik asit ve palmitoleik asittir (Hasan vd., 2014). Vitamin ve minerallerce zengin olan hünnabın C vitamini içeriğinin üzüm, elma ve mangodan, mineral madde içeriğinin ise turunçgillerden yüksek olduğu bildirilmiştir (Qiu ve Miao, 2015; Gün, 2017). Fenolik bileşikler bakımından ise hünnap meyvesi yüksek miktarda kateşin ve rutin, yaprakları ise rutin ve apigenin-7-glukozit içermektedir. Güçlü bir aroması olmayan ancak tatlı bir meyve olan, elmaya benzer tekstüre sahip olan hünnap genelde kurutulmuş tüketilmektedir (Qiu ve Miao, 2015; Jin, 2018). Hünnap; yulaf lapası, güveç, çorba veya keke katılarak, hünnap ezmesi şeklinde, kahve ikamesi ve çay olarak, tütülenerek, şaraba, meyve suyuna, sirkeye ve reçele işlenerek de tüketilebilmektedir (Akbolat vd., 2008; Lim, 2013; Anonymous, 2018; Ghouth, 2018; Jin, 2018). Geleneksel tıpta hünnap bitkisinin farklı fraksiyonları, farklı hastalıklara karşı kullanılmaktadır. Hünnap meyveleri kilo almına katkı sağlamakta, kas gücünü ve dayanıklılığı artırmakta, karaciğer fonksiyonunu güçlendirmekte, bağışıklık sisteminin direncini artırmakta, idrar ve balgam söktürücü olarak, kan durdurucu olarak, kronik kabızlığa karşı, boğaz ağrısı, bronşit, öksürük ve tüberküloz tedavisinde

ve dizanteriye karşı da kullanılmaktadır (Shahat vd., 2001; Golmohammad, 2013). Geleneksel tedavilerde kullanımının yanı sıra, yapılan bilimsel çalışmalarda da hünnabın terapötik etkinliğe sahip olduğu bildirilmiştir.

Isıl yöntemlerle katı maddelerden su veya uçucu bileşenlerin giderilmesi işlemi olarak tanımlanan kurutma, gıdaların raf ömrünü uzatan ve stabilitesini artıran bir prosestir. Geleneksel yöntemlere kıyasla, solar, hava üfleli, vakum, mikrodalga ve dondurarak kurutma yapan sistemler, gıdaların besin değerini koruyup yüksek kaliteli ürün eldesi sağlayabilmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008; Güngör, 2013; Zarein vd., 2015). Şeker içeren meyvelerde, yüksek sıcaklıklarda uzun süreli kurutma uygulaması ürünün lezzetine, rengine, besin içeriğine, hacim yoğunluğuna ve rehidrasyon kapasitesine büyük zarar verebilir (Maskan, 2000). Dolayısıyla kurutma metodunun ürüne göre seçilmesi büyük önem arz etmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Fang vd. (2010) Çin hünnabında mikrodalga kurutmanın etkisini araştırdıkları çalışmalarında, kurutmada kullanılan mikrodalga gücündeki artışla, örneklerin C vitamini, yoğunluk ve çözünür katı madde değerlerinin arttığını, parlaklık değerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada mikrodalga kurutmanın, sıcak havada kurutmaya kıyasla hünnap örneklerinde daha düşük rehidrasyon kapasitesi ve daha yüksek C vitamini içeriği sağladığı bildirilmiştir. Kim vd. (2012), sıcak havada, vakumlu ve dondurarak kurutulmuş hünnap örnekleri arasında, en yüksek polifenol madde içeriğinin sıcak havada kurutulan hünnap tozlarında elde edildiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca sıcak havayla kurutulan hünnap örneklerinin *a** ve *b** renk değerleri ile esmerleşme derecesi diğer metotlarla kurutulan hünnap örneklerinininkinden yüksek bulunmuştur. Wojdylo vd. (2016) hünnap meyvesinin kurutulmasında farklı kurutma metodlarının

etkisini araştırdıkları çalışmalarında, örneklerde en yüksek fenolik bileşik, flavan-3-ol ve C vitamini içerikleri ile antioksidan aktivite değerlerinin dondurarak kurutma metodu ile elde edildiğini tespit etmişlerdir. Yüksek biyoaktif bileşen içeriği, antioksidan aktivite, renk ve tatlılık bakımından, dondurarak kurutmadan sonra en iyi yöntemin vakumlu mikrodalga kurutma olduğu bildirilmiştir. En düşük biyoaktif bileşen içeriği ile uygun olmayan renk ve tatlılığa neden olan kurutma metodunun ise konveksiyonel kurutma olduğu bildirilmiştir. Kim vd. (2014) hünnap tozu kullanımının bisküvi özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, formülasyondaki hünnap tozu oranının artmasıyla, örneklerin nem içeriğinin, ağırlığının, a^* ve b^* renk değerlerinin, sertliğinin ve DPPH radikal süpürme aktivitesinin arttığını, yayılma oranlarının ise azaldığını tespit etmişlerdir. Masmoudi vd. (2021) hünnap unu ve lif konsantratu ikame edilen bisküvilerde, örneklerin lif, kül ve toplam fenolik madde içeriğinin artarak, beslenme kalitesinin iyileştiğini bildirmişlerdir. Fakat hünnap unu ve lif konsantratu ikamesi ile örneklerin sertliğinin arttığı ve parlaklığının önemli derecede azaldığı görülmüştür.

Bu çalışmada, hünnap meyvesi üç farklı metotla (konveksiyonel, vakum ve mikrodalga kurutma) kurutulmuş, elde edilen hünnap tozları ise farklı oranlarda (%5, 10, 15 ve 20) bisküvi formülasyonunda kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı; hünnap tozu kullanımı ile yeni fonksiyonel bir bisküvi formülasyonunun geliştirilmesi, son üründe en iyi besinsel, tekstürel ve duyuşsal özellikleri sağlayan ikame oranının belirlenmesidir. Çalışmanın diğer bir amacı ise bisküvi formülasyonunda kullanılacak hünnap tozu üretiminde besinsel özellikleri en iyi koruyan kurutma metodunun belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Hünnap meyveleri (*Zizyphus jujuba*) Mersin, Anamur'da 2018 yılı Ağustos ayında hasat edilen örneklerden temin edilmiştir. Bisküvi örneklerinin üretiminde kullanılacak buğday unu (Hekimoğlu Un, Konya, Türkiye), şeker (Torku, Konya, Türkiye), fruktoz şurubu (Cihan Şekerleme,

Konya, Türkiye), şortening, tuz, süt tozu ve sodyum bikarbonat Konya piyasasından temin edilmiştir.

Hünnap Tozu Üretimi

Temin edildikten sonra yıkanıp, 2 mm kalınlığında dilimlenen ve $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen hünnap meyveleri, ön denemelerle elde edilen verilere göre konveksiyonel, vakum ve mikrodalga olmak üzere üç farklı metotla kurutulmuştur.

Konveksiyonel kurutma için; hünnap dilimleri laboratuvar tipi tepsili kurutucunun (Nüve KD-200, Ankara, Türkiye) tepsilerinde, kurutma kâğıdı üzerine tek sıra olarak dizilmiş ve $50\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 20 saat boyunca kurutulmuştur.

Vakum kurutma için; kurutma kâğıdı üzerine tek sıra halinde serilen hünnap dilimleri vakumlu etüvde (JSVO-60T, Kore) $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, 100 mmHg basınçta, 8 saat süreyle kurutulmuştur.

Mikrodalga kurutma için ise; yine kurutma kâğıtlarına tek sıra olarak dizilen hünnap dilimleri, çok fonksiyonlu mikrodalga fırında (LG SolarDOM, Kore), 600 W mikrodalga gücünde, 20 dakikada kurutulmuştur.

Kurutulan hünnap meyveleri, laboratuvar tipi bir öğütücüyle (Alveo, Konya, Türkiye) $500\text{ }\mu\text{m}$ gözenek çapına sahip elekten geçecek şekilde öğütülmüş, topaklanmanın önlenmesi için %2 oranında $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (trikalsiyum fosfat) ile karıştırılmış ve kullanıma kadar $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de polietilen torbalarda muhafaza edilmiştir.

Bisküvi Örneklerinin Üretimi

Bisküvi örnekleri, modifiye edilmiş AACC Standart No:10-54 üretim metoduna göre üretilmiştir. Kontrol örneğinin formülasyonunda; 100 g un, 42 g şeker, 40 g shortening, 1.5 g fruktoz şurubu, 1.25 g tuz, 1 g süt tozu, 1.5 g sodyum bikarbonat ve su (su kaldırma kapasitesine göre 13-17 ml arasında) kullanılarak üretilmiştir. Hünnap tozu ikameli örneklerin üretiminde ise %5, 10, 15 ve 20 oranında hünnap tozu formülasyonda buğday ununa ikame edilmiştir. Tüm bileşenler 8 dakika boyunca bir mikserde (Kenwood KMX, Kenwood Ltd., İngiltere) karıştırılarak homojen bir hamur elde edilmiştir. 5.0 mm kalınlığında açılıp, 55.0 mm çapında

kesilen hamur parçaları, fırında (Vestel SF8401, Türkiye) 170 ± 2 °C'de 17 dakikada pişirilmiştir.

Fiziksel Analizler

Hünnap tozlarının ve bisküvi örneklerinin renk ölçümleri Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) cihazıyla L^* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a^* değeri [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b^* değeri [(+) sarı-(-) mavi] cinsinden ölçülmüştür (Francis, 1998).

Bisküvi örneklerinin sertlik ve kırılma değeri üretimden 2 saat sonra, tekstür analiz cihazında (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, İngiltere) 3 noktalı kırma probu (TA-92) kullanılarak ölçülmüştür. Adeola ve Ohizua'nın (2018) kullandığı metot modifiye edilmiş, analiz ölçüm parametreleri, load cell, 30 kg, ön-test hızı: 1.0 mm/s, test hızı: 3.0 mm/s, son-test hızı: 10.0 mm/s, uzaklık: 5 mm, trigger kuvveti: 50 g olarak belirlenmiştir.

Bisküvi örneklerinin çap ve kalınlık değerleri AACC 10-54'e göre, dijital kumpas (0.001 mm, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin yayılma oranları ise çap değerlerinin (mm), kalınlık değerlerine (mm) bölünmesiyle hesaplanmıştır (AACC, 1990).

Kimyasal Analizler

Hünnap tozu ve bisküvi örneklerinin nem (AACC 44-19), kül (AACC 08-01), ham protein (AACC 46-12) ve ham yağ (AACC 30-25) içeriklerinin tayininde AACC standart metotları kullanılmıştır (AACC, 1990). Örneklerin karbonhidrat ve enerji içerikleri Karaağaoğlu vd. (2008) göre, sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%CHO = 100 - (\%nem + \%protein + \%yağ + \%kül) \quad (1)$$

$$\text{Enerji (kcal/100 g)} = 4 (\%CHO + \%protein) + 9 (\%yağ) \quad (2)$$

Örneklerin toplam fenolik madde miktarı analizinde spektrofotometrik Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır. 4 gram örnek, 20 ml asitlendirilmiş metanol (HCl/metanol/su, 1:80:10, h/h) çözeltisi ile 2 saat boyunca su banyosunda (24 ± 1 °C) çalkalanarak ekstrakte

edilmiş, süre sonunda 3000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenerek supernatant elde edilmiştir (Gao vd., 2002, Beta vd., 2005). Elde edilen supernatanttan 0.1 ml, Folin-Ciocalteu reaktifinden (%10'luk, h/h, suda) 0.5 ml ve sodyum karbonat çözeltisinden (%20'lik, a/h, suda) 1.5 ml alınarak deney tüpünde karıştırılmış, ardından 2 saat oda sıcaklığında (24 ± 1 °C) karanlıkta inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından tüm örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Libra S60, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) 760 nm dalga boyunda okunmuş ve toplam fenolik madde miktarları gallik aside eşdeğer olacak şekilde (mg GAE/g) hesaplanmıştır (Slinkard ve Singleton, 1977, Gamez-Meza vd., 1999).

Fitik asit analizi, Haug ve Lantzsch (1983)'e göre kolorimetrik metot kullanılarak yapılmıştır. Örneklerden hidroklorik asit çözeltisi ile ekstrakte edilen fitik asit, demir III çözeltisi ile çöktürülmüştür. Serum kısmının absorbans okuması spektrofotometrede 519 nm dalga boyunda yapılarak örneklerde kalan demir miktarı belirlenmiş ve fitik asit miktarı hesaplanmıştır.

Duyusal Analiz

Örnekler, Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümündeki öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan, yaşları 20-35 arasında değişen 10 kişilik bir grup tarafından, 1-5 arasındaki hedonik skala (1-kötü, 3-kabul edilebilir ve 5-oldukça iyi) kullanılarak duyu analize tabi tutulmuştur. Duyusal değerlendirme kriterleri; renk, koku, tat, görünüş, ağız hissi ve genel beğeni olarak belirlenmiş, analiz sonunda elde edilen tüm veriler ortak değerlendirmeye tabi tutulmuştur (Epler vd. 1998).

İstatistik Analiz

2 tekerrürlü olarak yürütülen denemelerden elde edilen veriler JMP istatistik programı, 14.0.1 versiyonu (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Tukey HSD testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş vd., 1987).

BULGULAR VE TARTIŞMA**Hünnap Tozları ve Buğday Ununa Ait Bazı Özellikler**

Bisküvi denemelerinde hammadde olarak kullanılan, farklı metotlarla kurutulmuş hünnap

tozları ve buğday ununa ait bazı fiziksel, kimyasal ve besinsel analiz sonuçları Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Hammadde Analiz Sonuçları
Table 1. Raw Material Analysis Results

Faktör / Factor	Buğday unu / Wheat Flour	KKHT	VKHT	MKHT
<i>L</i> *	94.21±0.11a	73.78±0.84b	67.46±0.45c	65.54±0.48c
<i>a</i> *	-0.24±0.01d	3.53±0.38c	6.75±0.01a	5.73±0.16b
<i>b</i> *	10.25±0.07b	28.44±0.55a	28.18±0.63a	27.69±1.62a
Nem (%) / Moisture (%)	11.19±0.25a	10.20±1.09a	8.33±1.69a	7.56±1.55a
Ham yağ (%) ¹ / Crude Fat (%)	1.11±0.07a	0.60±0.01b	0.62±0.01b	0.59±0.01b
Ham protein (%) ^{1,2} / Crude Protein (%)	10.45±0.01a	5.47±0.68b	5.77±0.01b	4.77±0.19b
Kül (%) ¹ / Ash (%)	0.57±0.01b	3.52±0.12a	3.50±0.13a	3.53±0.04a
Karbonhidrat (%) ¹ / Carbohydrate (%)	76.69±0.17b	80.21±0.52ab	81.77±1.81ab	83.55±1.77a
Enerji (kcal/100 g) ¹ / Energy (kcal/100 g)	358.52±1.35a	348.12±4.89a	355.75±7.33a	358.56±6.37a
Fitik asit (mg/100 g) ¹ / Phytic acid (mg/100 g)	207.82±16.50a	12.74±0.16b	10.52±0.06b	7.45±0.13b
TFMM (mg GAE/g) ^{1,3}	0.787±0.01d	4.590±0.04c	5.719±0.29b	7.391±0.10a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı satırdaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$); *L**: Parlaklık, *a**: Kırmızı-yeşil renk değeri, *b**: Sarı-mavi renk değeri; KKHT: Konveksiyonel kurutulmuş hünnap tozu, VKHT: Vakumlu kurutulmuş hünnap tozu, MKHT: Mikrodalgada kurutulmuş hünnap tozu ¹Kuru madde üzerinden hesaplama yapılmıştır; ²Un için $N \times 5.70$ ve hünnap tozları için $N \times 6.25$ faktörü kullanılmıştır; ³TFMM: Toplam fenolik madde miktarı.

The means in the same line marked with different letters are statistically different ($P < 0.05$); *L**: Brightness, *a**: Red-green color value, *b**: Yellow-blue color value; KKHT: Convective dried jujube powder, VKHT: Vacuum dried jujube powder, MKHT: Microwave dried jujube powder ¹Calculation was made on dry substance; ²Factors of $N \times 5.70$ for wheat flour and $N \times 6.25$ for jujube powders was used; ³TFMM: Total phenolic content.

Hammaddelerin renk sonuçlarına göre en yüksek parlaklık (*L**) değeri buğday ununda, en yüksek kırmızılık (*a**) değeri ise vakumlu kurutulmuş hünnap tozunda bulunmuştur. Konveksiyonel kurutmaya elde edilen hünnap tozunun *L** değerinin, diğer metotlarla elde edilen örneklerinkinden önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür ($P < 0.05$) (Çizelge 1). Kim vd. (2012) sıcak hava ve vakumla kurutulmuş hünnap tozlarının *L** değerlerinin, dondurarak kurutulmuş hünnap tozununkinden yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Hünnap tozlarında ölçülen *a** değerleri kurutma metotları açısından; vakum, mikrodalga ve konveksiyonel kurutma sırası ile azalma göstermiştir (Çizelge 1). Hünnap

tozlarının *a** değerlerindeki değişimler üzerinde kurutma proses normlarının etkili olduğu söylenebilir. Hünnap tozu örneklerinin *b** değerlerinde ise kurutma metodunun önemli bir etkisi görülmemiş ve *b** değerleri buğday unundan yüksek bulunmuştur (Çizelge 1).

Hammaddelerin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında, buğday unu ve farklı metotlarla kurutulmuş hünnap tozlarının nem değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.05$). Buğday ununun ham yağ ve ham protein değerleri hünnap tozlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Farklı metotlarla kurutulmuş hünnap tozlarının ham yağ

ve ham protein değerleri arasında ise istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($P > 0.05$). Hammaddelerin kül değerlerinin %0.57 ile %3.53 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Hünnap tozlarının kül içerikleri, buğday unundan istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$). Hammaddelerin karbonhidrat değerleri %76.69-83.55 arasında, enerji değerleri ise 348.12-358.56 kcal/100 g arasında değişmektedir. En yüksek karbonhidrat değeri mikrodalga kurutma metodu ile kurutulan hünnap tozunda elde edilmiştir. Hammaddelerin enerji değerleri arasında ise istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 1).

Buğday ununda 207.82 mg/100 g fitik asit tespit edilirken, bu değer hünnap tozlarının fitik asit içeriklerinden oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Organik bir bileşik olan fitik asit, çeşitli gıdaların ve bütün bitkisel hücrelerin bileşiminde yer almasına karşın, tahıl ve baklagillerde daha yüksek oranda bulunmaktadır (Şat ve Keleş, 2004). Dolayısıyla hünnap tozlarının fitik asit içeriğinin buğday ununa göre düşük çıkması, beklenen muhtemel bir sonuçtur. Hünnap tozlarının toplam fenolik madde miktarları buğday ununa göre yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$). En yüksek fenolik madde içeriğine sahip olan örnek mikrodalga kurutma metoduyla elde edilen hünnap tozu (7.391 mg/g) olup, bunu sırasıyla vakum kurutma (5.719 mg/g) ve konveksiyonel kurutma (4.590 mg/g) ile elde edilen hünnap tozları takip etmektedir (Çizelge 1). Benzer şekilde, Wojdyło vd. (2016) vakumlu mikrodalga kurutma ile elde edilen hünnap tozlarının toplam fenolik madde ve flavan-3-ol içeriklerinin, konveksiyonel kurutma ile elde edilen hünnap tozlarından yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun konveksiyonel kurutmadaki yüksek sıcaklık uygulaması ve biyoaktif bileşiklerin ısıya duyarlılığı ile ilgili olabileceği bildirilmiştir.

Fiziksel Analiz Sonuçları

Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerine ait renk ölçüm sonuçları Çizelge 2'de, fiziksel analiz sonuçları ise Çizelge 3'te verilmiştir. Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerinin renk değerlerinde,

kullanılan kurutma metodu açısından bir değerlendirme yapıldığında, konveksiyonel kurutma kullanılan örneklerin L^* değerlerinin diğer metotlarınkine kıyasla yüksek olduğu görülmüştür. Formülasyonda hünnap tozu ikame oranının artması ile örneklerin parlaklık değerleri (L^*) önemli düzeyde düşüş göstermiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 2). Renk parametrelerinden L^* değerlerindeki düşüş, dolayısıyla ürün renginin koyulaşması, hünnap tozlarının kendi renginden kaynaklanıyor olabileceği gibi, üründe muhtemelen gerçekleşen enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına da atfedilebilir. Bisküvi renk parametrelerinde kurutma metodu açısından, en düşük a^* değeri konveksiyonel kurutma (5.52), en yüksek a^* değeri ise vakum kurutma (5.97) kullanılan örneklerde tespit edilirken, kurutma metotlarının b^* değeri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). L^* değerinin aksine, ikame oranındaki artış örneklerin a^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmuştur ($P < 0.05$). a^* ve b^* renk parametrelerinde, %15 ve 20 ikame oranına sahip örnekler arasındaki farklılık ise önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$) (Çizelge 2).

Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerinin tekstür analizi sonuçları kurutma metodu açısından değerlendirildiğinde, en yüksek sertlik değerinin konveksiyonel kurutma (5403.83 g), en düşük sertlik değerinin ise mikrodalga kurutma (4605.42 g) kullanılan örneklerde elde edildiği görülmektedir. İkame oranı açısından değerlendirme yapıldığında, %10 ve üzerinde hünnap tozu ikame edilen bisküvi örneklerinin sertlik değerlerinin, kontrol grubuna göre arttığı görülmüştür ($P < 0.05$). Kullanılan farklı kurutma metotları, bisküvilerin kırılabilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmamıştır ($P > 0.05$). %10, 15 ve 20 oranlarında hünnap tozu ikame edilen bisküvi örneklerinin kırılabilirlik değerleri ise buğday ununa göre azalma göstermiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 3). Masmoudi vd. (2021) hünnap unu ve hünnap lif konsantratu ikame edilen bisküvi örneklerinin sertlik değerlerinin kontrol örneğinden yüksek bulunduğunu ve ikame oranı arttıkça örneklerin sertliğinin de artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Sertlikteki bu artışın, bisküvilerde lif içeriğinin artmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Çizelge 2. Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerine ait renk değerleri
Table 2. Color values of jujube powder substituted biscuit samples

	L*	a*	b*
Hünnap Tozu Çeşidi / Jujube Powder Type			
Konveksiyonel / Convectional	72.48±0.14a	5.52±0.05c	25.99±0.38 a
Vakumlu / Vacuum	71.92±0.09b	5.97±0.07a	25.96±0.25a
Mikrodalga / Microwave	72.05±0.22b	5.72±0.06b	25.92±0.53a
İkame Oranı (%) / Substitution ratio (%)			
0	80.37±0.21a	2.90±0.15d	22.95±0.55d
5	74.03±0.07b	5.35±0.03c	24.85±0.38c
10	71.85±0.20c	6.11±0.05b	26.62±0.26b
15	69.27±0.06d	7.07±0.03a	27.46±0.43a
20	65.23±0.23e	7.28±0.03a	27.91±0.31a

Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($P < 0.05$); L*: Parlaklık, a*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b*: Sarı-mavi renk değeri.

The means in the same column marked with different letters are statistically different ($P < 0.05$); L*: Brightness, a*: Red-green color value, b*: Yellow-blue color value.

Çizelge 3. Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları
Table 3. Physical analysis results of jujube powder substituted biscuit samples

	Sertlik (g) / Hardness (g)	Kırılabilirlik (mm) / Fracturability (mm)	Çap (mm) / Diameter (mm)	Kalınlık (mm) / Thickness (mm)	Yayıma Oranı / Spread Ratio
Hünnap Tozu Çeşidi / Jujube Powder Type					
Konveksiyonel / Convectional	5403.83±40.93a	38.43±0.22a	55.93±0.22a	7.31±0.18a	7.66±0.19a
Vakumlu / Vacuum	5220.48±63.10b	38.27±0.30a	55.95±0.10a	7.27±0.11a	7.71±0.10a
Mikrodalga / Microwave	4605.42±78.38c	38.14±0.18a	56.07±0.33a	7.20±0.12a	7.80±0.15a
İkame Oranı (%) / Substitution ratio (%)					
0	4915.81±43.38c	38.99±0.27a	54.56±0.25d	7.67±0.30a	7.12±0.25c
5	4999.87±92.85bc	38.60±0.26a	57.18±0.08a	7.50±0.08a	7.62±0.08b
10	5112.84±48.60ab	38.00±0.20b	56.60±0.17b	7.04±0.06b	8.04±0.09a
15	5157.27±50.66a	37.90±0.17b	56.10±0.28b	7.00±0.02b	8.02±0.05a
20	5197.26±68.52a	37.91±0.27b	55.48±0.29c	7.11±0.21b	7.81±0.26ab

Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($P < 0.05$).

The means in the same column marked with different letters are statistically different ($P < 0.05$).

Kurutma metodunun, hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerinin çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur ($P > 0.05$). Hünnap meyve tozu ikame edilen bisküvi örneklerinin çap değerlerinin, kontrol örneğine kıyasla yüksek olduğu görülmüştür. Hünnap tozu ikame oranı arttıkça örneklerin çap değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. %10, 15 ve 20 ikame oranına sahip örneklerin kalınlık değerleri, %0 ve 5 ikame oranına sahip örneklerin kalınlık değerlerinden önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($P < 0.05$). İkame oranı açısından en düşük yayılma oranı, kontrol örneğinde (%0) bulunmuştur (Çizelge 3). Bisküvi endüstrisinde çap, kalınlık ve yayılma oranı kalite açısından önemli parametrelerdir. Genellikle son ürün olarak çapı geniş, kalınlığı az ve yayılma oranı yüksek olan bisküviler tercih edilmektedir (Demirel, 2017). Yayılma oranı formülasyonda kullanılan unun özelliklerine bağlı olarak değişmekte, undaki yüksek protein miktarı bisküvinin fazla kabarıp az yayılmasına sebebiyet vermektedir (Doğan ve Uğur, 2005). Yapılan bir araştırmada; mandalina, portakal ve limon kabuk tozlarının %10 oranında bisküviye ikame edilmesiyle, kontrol örneğine kıyasla, örneklerin kalınlıklarının azaldığı, yayılma oranlarının ise arttığı görülmüştür (Youssef ve Mousa, 2012). Hünnap tozu ikamesiyle, bisküvi formülasyonunda kullanılan unun protein içeriğinde meydana gelen seyreleme, muhtemelen bisküvi örneklerinin çap değerleri ile yayılma oranlarında artışa ve kalınlıklarında azalışa neden olmuştur. Masmoudi vd. (2021) bisküvi örneklerinin çap, kalınlık ve yayılma oranları ile hamur viskozitesi arasında bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla çap, kalınlık ve yayılma oranlarındaki değişimlerin örneklerin lif içeriği ve su absorpsiyon kapasitesinden de etkilendiği söylenebilir.

Kimyasal Analiz Sonuçları

Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerine ait kimyasal ve besinsel analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmektedir. Bisküvi örneklerinin kimyasal ve besinsel analiz sonuçları kullanılan kurutma metodları bakımından değerlendirildiğinde, örneklerin nem, ham yağ, ham protein, kül, karbonhidrat, enerji ve fitik asit değerleri üzerinde

kurutma metodlarının istatistiki olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.05$). İkame oranı açısından, kontrol grubu bisküvi örnekleri en yüksek nem ve ham yağ değerlerine sahipken, %5 oranında hünnap tozu ikameli bisküvilerin en düşük nem ve ham yağ değerlerine sahip olduğu görülmüştür ($P < 0.05$) (Çizelge 4). Hünnap tozu ikameli örneklerin ham yağ içeriğinin daha düşük olması, hünnap tozunun buğday ununa kıyasla daha düşük ham yağ içeriğine sahip olması ile açıklanabilmektedir.

Örneklerde hünnap tozu ikame oranı arttıkça, kontrol grubuna göre, örneklerin ham protein miktarlarının deskriptif olarak azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın, %10, 15 ve 20 ikame oranına sahip bisküvi örneklerinin protein içeriklerindeki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($P > 0.05$) (Çizelge 4). Bu azalışın istatistiksel olarak önemsiz bulunmasının muhtemel sebebi, ikame oranındaki artış ile protein içeriğindeki seyrelmeye bağlı olarak, gözlenen azalışın deskriptif olarak çok küçük oranda gerçekleşmesidir. Bisküvilik unun protein miktarı meyve tozlarına göre daha yüksektir. Bu nedenle meyve tozu ikamesiyle formülasyondaki un miktarının oransal olarak azaldığı, dolayısıyla bisküvi örneklerinin protein miktarlarında da düşüş meydana geldiği söylenebilir. Benzer şekilde literatürde bildirilen bir çalışmada, bisküvi formülasyonunda karbonhidratça zengin proteince fakir başka bir meyve tozunun (muz tozu) kullanımıyla örneklerin protein miktarlarının düştüğü saptanmıştır (Agama, 2012).

Örneklerin kül içerikleri ile hünnap tozu ikame oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğu, ikame oranı arttıkça kül içeriklerinin de önemli derecede artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 4). Bisküvi formülasyonundaki hünnap tozu ikame oranları değiştikçe örneklerin karbonhidrat ve enerji değerleri arasında deskriptif dalgalanmalar olduğu görülmüştür. En düşük karbonhidrat (%68.20) ve en yüksek enerji (462.01 kcal/100 g) değerleri kontrol örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek karbonhidrat değeri %10 ikame oranına sahip örnekte (%70.89) tespit edilirken, en düşük enerji değeri %15 ikame

oranına sahip örnekte (459.97 kcal/100 g) bulunmuştur. Karbonhidrat ve enerji değerleri, örneklerin nem, yağ, kül ve protein içeriklerinden doğrudan etkilenmektedir. En yüksek karbonhidrat içeriğinin %10 ikame oranında tespit edilmesi, muhtemelen %10 ikame oranında örneklerin nem, kül, protein ve yağ içeriklerinin toplamının, diğer ikame oranlarına sahip

örneklerinkinden düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Hünnap tozu ikame oranı arttıkça örneklerin fitik asit miktarlarının önemli düzeyde azaldığı görülmüştür ($P < 0.05$) (Çizelge 4). Buğday unu, meyve tozlarına göre daha yüksek miktarda fitik asit içerdiğinden, bisküviye ikame edilen meyve tozu oranının artması ile fitik asit içeriğinin azalması beklenen bir sonuçtur.

Çizelge 4. Hünnap tozu ikameli bisküvi örneklerine ait kimyasal ve besinsel analiz sonuçları
Table 4. Chemical and nutritional analysis results of jujube powder substituted biscuit samples

	Nem (%) / Moisture (%)	Ham Yağ ¹ (%) / Crude Fat (%)	Ham Protein ^{1,2} (%) / Crude Protein (%)	Kül ¹ (%) / Ash (%)	Karbonhidrat ¹ (%) / Carbohydrate (%)	Enerji ¹ (kcal/100 g) / Energy (kcal/100 g)	Fitik Asit ¹ (mg/100 g) / Phytic acid (mg/100 g)	TFMM ^{1,3} (mg GAE/g)
Hünnap Tozu Çeşidi / Jujube Powder Type								
Konveksiyonel / Convectonal	4.30±0.10a	16.73±0.33a	7.19±0.25a	1.51±0.05a	70.27±0.26a	460.38±1.49a	141.35±2.79a	0.78±0.01c
Vakumlu / Vacuum	4.33±0.09a	16.84±0.25a	7.39±0.28a	1.51±0.02a	70.15±0.20a	460.81±1.11a	140.96±2.55a	0.82±0.01b
Mikrodalga / Microwave	4.28±0.09a	16.84±0.30a	7.22±0.22a	1.51±0.01a	69.92±0.19a	461.04±1.10a	140.38±2.77a	0.87±0.01a
İkame Oranı (%) / Substitution ratio (%)								
0	4.48±0.20a	17.06±0.52a	8.92±0.62a	1.34±0.01e	68.20±0.10c	462.01±1.83a	168.62±8.85a	0.73±0.01d
5	4.09±0.09c	16.55±0.33b	7.63±0.07b	1.40±0.04d	70.32±0.33b	460.83±1.72ab	150.71±1.70b	0.78±0.01cd
10	4.24±0.10b	16.66±0.23ab	6.73±0.15c	1.72±0.05c	70.89±0.28a	460.44±0.98ab	139.74±1.71c	0.82±0.01bc
15	4.33±0.03b	16.76±0.17ab	6.59±0.12c	1.62±0.02b	70.70±0.17ab	459.97±0.79b	127.40±0.52d	0.87±0.01b
20	4.38±0.05ab	16.98±0.20ab	6.47±0.30c	1.73±0.01a	70.45±0.20ab	460.46±0.84ab	118.01±0.74e	0.92±0.01a

Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p < 0.05$); ¹Kuru madde üzerinden hesaplama yapılmıştır; ²N x 6.25 faktörü kullanılmıştır; ³TFMM: Toplam fenolik madde miktarı. The means in the same column marked with different letters are statistically different ($P < 0.05$); ¹Calculation was made on dry substance; ²Factor of N x 6.25 was used; ³TFMM: Total phenolic content.

Hünnap tozu üretiminde farklı kurutma metodlarının kullanımı, bisküvi örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarında önemli farklılıklar oluşturmuştur ($p < 0.05$). Hünnap tozu çeşidi açısından örneklerin fenolik madde miktarlarının sırasıyla; konveksiyonel (0.78 mg GAE/g), vakum (0.82 mg GAE/g) ve mikrodalga (0.87 mg GAE/g) şeklinde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4). Vakum kurutma, numunenin içinde ve dışında artan basınç gradyanı nedeniyle kütle transferini artırır ve termolabil ürünler için gerekli olan düşük kurutma sıcaklık seviyesini korur. Bu nedenle vakumla kurutma gıda ürünlerinde kalitenin korunması ile

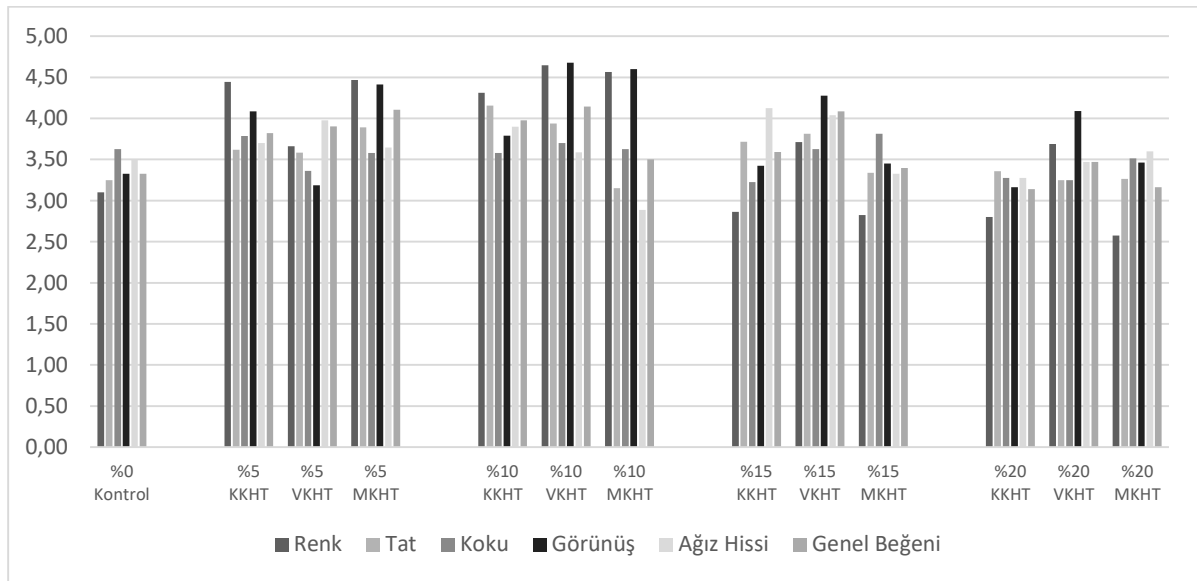
karakterize edilir (Alibas, 2007). Mikrodalga uygulaması, ürünün iç orta noktasındaki sıcaklığı arttırması nedeniyle kurutma süresini kısaltarak ürün üzerinde homojen bir enerji dağılımı sağlar (Alibas, 2007). Mikrodalga kurutma, daha hızlı ve homojen bir kurutma ile geleneksel sıcak hava kurutmaya kıyasla yüksek kaliteli kuru ürün eldesi sağlamaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008; Maskan, 2000). Dolayısıyla mikrodalga ve vakum kurutma ile elde edilen hünnap tozlarının kullanıldığı bisküvilerin toplam fenolik madde miktarlarının yüksek olması, kurutma prosesleri sırasında fenolik bileşiklerin korunmasına atfedilebilir.

Hünnap tozu ikame oranının artması ise yine fenolik madde miktarında önemli derecede bir artış meydana getirmiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 4). Fenolik bileşik içeriğindeki artış, hünnap meyvesinin bileşimindeki yüksek fenolik madde miktarından kaynaklanmaktadır (Qiu ve Miao, 2015; Jin, 2018). Elde edilen bu sonuca benzer şekilde literatürde, portakal kabuğu tozu ilavesiyle bisküvi örneklerinde toplam fenolik madde miktarının 447 mg GAE/g'dan 889 mg GAE/g'a yükseldiği, turunçgil albedo tozlarının bisküvi formülasyonuna katılmasıyla ise fenolik madde miktarının 735 mg GAE/g'dan 1580 mg GAE/g'a yükseldiği bildirilmiştir.

Duyusal Analiz Sonuçları

1 puan kötü ve 5 puan oldukça iyi olmak üzere, 1-5 puan arasındaki hedonik skalada yapılan duysal

değerlendirmede, bisküvi örneklerinin ortalama puanları; renk kriterinde 3.37, tat kriterinde 3.56, koku kriterinde 3.53, görünüş kriterinde 3.84, ağız hissi kriterinde 3.62 ve genel beğeni kriterinde 3.66 olarak bulunmuştur. Duyusal değerlendirme sonuçları Şekil 1'de özetlenmiştir. En yüksek renk, görünüş ve genel beğeni puanları vakum kurutma ile elde edilen hünnap tozunun %10 oranında ikame edildiği bisküvi örneklerinde tespit edilmiştir. En yüksek tat değeri konveksiyonel kurutulmuş hünnabın %10 oranında ikame edildiği örneklerde tespit edilirken, en yüksek ağız hissi konveksiyonel kurutma kullanılan %15 ikame oranına sahip örneklerde bulunmuştur. Koku parametresinde ise en yüksek puana sahip örnek, mikrodalga kurutma ve %15 ikame oranı kullanılan bisküvi örneği olmuştur.



Şekil 1. Hünnap tozu ikameli bisküvilere ait duysal analiz sonuçları

Figure 1. Sensory analysis results of jujube powder substituted biscuits

Duyusal analiz sonuçlarında genel bir değerlendirme yapıldığında, bütün kurutma metodlarında hünnap tozunun %10'un üzerinde kullanımının, tüm duysal parametrelerde beğenin azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla hünnap tozunun bisküvi formülasyonunda %10 ikame oranına kadar kullanımı duysal özelliklerin geliştirilmesi açısından uygun bulunmuştur.

SONUÇ

Hünnap tozu ikamesiyle bisküvi örneklerinde sertlik değeri artmış, kırılmalık değeri azalmış olup, tekstürel olarak en iyi sonuçları konveksiyonel kurutma kullanılan örnekler sergilemiştir. İkame oranındaki artış bisküvi örneklerinin çap ve kalınlık değerlerinin düşmesine, yayılma oranının ise artmasına neden olmuştur. Bisküvi örneklerinde hünnap tozu ikame oranında artışa gidilmesi L^* değerlerini

azaltırken, a^* ve b^* değerlerini arttırıcı etki göstermiştir. Hünnap tozu ikamesiyle örneklerin ham yağ, ham protein ve enerji değerleri düşerken, kül ve karbonhidrat değerleri artmıştır. Besinsel açıdan ise hünnap tozu ikamesi ile örneklerin fitik asit miktarları önemli ölçüde azalırken, fenolik madde miktarları artmıştır. Hünnap tozu örneklerinin fenolik madde içeriği, vakum ve mikrodalga kurutma metotlarında daha iyi korunmuştur. Duyusal özellikler açısından en fazla beğeniyi, vakum kurutma uygulanmış hünnap tozlarının %10 ikamesi ile üretilen örnekler kazanmıştır.

Hünnap ülkemizde adını yeni duyurmaya başlayan, fenolik madde ve antioksidan bakımından oldukça zengin bir meyvedir. Yüksek besin değeri, sağlık üzerindeki terapötik etkileri ve fonksiyonel özelliği ile önemi giderek artmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen veriler sonucunda, hünnap meyvesi tozunun fonksiyonel bir bileşen olarak tahıl ürünlerinde kullanımı önerilmektedir. Ayrıca mikrodalga ve vakum kurutma metotları ile kurutulan meyvelerin besinsel içeriği daha az zarar gördüğünden, bu kurutma metotlarının konveksiyonel kurutmaya alternatif olarak kullanımı da önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Büşra Koyuncu'nun yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKILARI

Bu çalışmanın kurgusu MKD tarafından yapılmış, üretimin gerçekleştirilmesi, analizlerin takibi, değerlendirilmesi ve makalenin yazımı BK ve NO tarafından gerçekleştirilmiştir. Data analizleri ve son kontrollerin yapılmasında tüm yazarlar katkı sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

KAYNAKÇA

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

Adeola, A.A., Ohizua, E.R. (2018). Physical, chemical, and sensory properties of biscuits prepared from flour blends of unripe cooking banana, pigeon pea, and sweet potato. *Food Sci Nutr*, 6, 532–540.

Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J.J., Pacheco-Vargas, G., Osorio-Díaz, P., Bello-Pérez, L.A. (2012). Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. *Food Sci Technol*, 46, 177-182.

Akbolat, D., Ertekin, C., Menges, H. O., Ekinci, K., Erdal, I. (2008). Physical and nutritional properties of jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) growing in Turkey. *Asian J Chem*, 20(1): 757-766.

Alibas, I. (2007). Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying. *Biosyst Eng*, 96(4): 495-502.

Anonymous (2018). Jujube. <https://wikivisually.com/wiki/Jujube> (Ziyaret Tarihi: 01 Haziran 2018).

Anonymous (2019). Jujube. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168151/nutrients> (Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2021).

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

Demirel, H. (2017). Farklı turuncgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanım imkanları. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye.

Doğan, İ.S., Uğur, T. (2005). Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırma. *YYÜ Tar Bil Derg*, 15(2): 139-148.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metotları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:295, Ankara.

- Epler, S., Chambers, E., Kemp, K.E. (1998). Hedonic scales are a better predictor than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade. *J Sens Stud*, 13, 191-197.
- Erbay, B., Küçüköner, E. (2008). Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, Türkiye, 1045-1048 s.
- Fang, S., Wang, Z., Hu, X., Li, H., Long, W., Wang, R. (2010). Shrinkage and quality characteristics of whole fruit of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) in microwave drying. *Int J Food Sci Technol*, 45(12), 2463-2469.
- Francis, F.J., Nielsen, S.S. (ed.) (1998). *Food analysis, colour analysis*. An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA, 599-612 p.
- Gamez-Meza, N., Noriega-Rodriguez, J.A., Medina-Juarez, L.A., Ortega Garcia, J., Cazarez-Casanova, R., Angulo-Guerrero, O. (1999). Antioxidant activity in soybean oil of extracts from thompson grape bagasse. *J Am Oil Chem Soc*, 76, 1445-1447.
- Gao, L., Wang, S., Oomah, B.D., Mazza, G. (2002). Wheat quality: antioxidant activity of wheat millstreams. In: *Wheat quaality Elucidation*, Ng, P., Wrigley, C.W. (chief ed.), AACC International, St. Paul. MN., pp. 219-233.
- Ghouth, K. (2018). Jujube (botany and horticulture). <http://zizyphus-jujube.ir/en/> (Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2018).
- Golmohammad, F. (2013). Medicinal plant of jujube (*Zizyphus jujuba*) and its indigenous knowledge and economic importance in desert regions in east of Iran: situation and problems. *TJEAS*, 3(6): 493-505.
- Gün, S. (2017). Hünnap meyvesinin (*Zizyphus Jujuba* Mill.) soğukta muhafaza performansı üzerine farklı olgunluk safhası ve modifiye atmosfer paketlenmenin (Map) etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ordu, Türkiye.
- Güngör, A. (2013). Sebze ve meyve kurutmada kullanılan kurutucular ve kurutma teknolojileri. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, İzmir, Türkiye, 43-63 s.
- Hasan, N., Sorkhy, M., AlBattah, F. (2014). *Zizyphus jujube* of the Middle East, Food and Medicine. *Unique J Ayurvedic Herb Med*, 2(6): 7-11.
- Haug, W., Lantsch, H.J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal product. *J Sci Food Agric*, 34, 1423-1426.
- Jin, X. (2018). *Exotic fruits reference guide: jujuba-Zizyphus jujuba*. Academic Press, China, 263-269 s.
- Karaağaoğlu, N., Karabudak, E., Yavuz, S., Yüksek, O., Dinçer, D., Tosunbayraktar, G., Eren, H.F. (2008). Çeşitli ekmeklerin protein, yağ, nem, kül, karbonhidrat ve enerji değerleri. *Gıda*, 33(1): 19-25.
- Kim, S.H., Choi, Y.J., Lee, H., Lee, S.H., Ahn, J.B., Noh, B.S., Min, S.C. (2012). Physicochemical properties of jujube powder from air, vacuum, and freeze drying and their correlations. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 55(2), 271-279.
- Kim, M.J., Choi, J.E., Lee, J.H. (2014). Quality characteristics of cookies added with jujube powder. *Korean J Food Preserv*, 21(1), 146-150.
- Lim, T.K. (2013). *Edible medicinal and non-medicinal plants*. Springer, Netherlands, 578-604 s.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *J Food Eng*, 44(2): 71-78.
- Masmoudi, M., Yaich, H., Borchani, M., Mbarki, R., Attia, H. (2021). Chemical, physical and sensory characteristics of biscuits enriched with jujube (*Zizyphus lotus* L.) flour and fiber concentrate. *J Food Sci Technol*, 58(4), 1411-1419.
- Qiu, P., Miao, M. (2015). Chapter 64 *Zizyphus jujuba* Mill. (Dazao, Common Jujube). *Dietary Chinese herbs chemistry, pharmacology and clinical evidence*, 561-567.
- Shahat, A., Pieters, L., Apers, S.M. Nazeif, N., Abdel-Azim, N., Vanden Berghe, D., Vlietinck, A. (2001). Chemical and biological investigations on *Zizyphus spina*-Christi L.. *Phytother Res*, 15(7): 593-597.

Slinkard, K., Singelton, V.L. (1977). Total phenolic analysis, automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic*, 28(1): 49-55.

Şat, İ.G., Keleş, F. (2004). Fitik asit ve beslenmeye etkisi. *Gıda*, 29(6): 405-409.

Wojdyło, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., Hernández, F. (2016). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chem*, 207, 170-179.

Yaşa, F. (2016). Türkiye'de yetiştirilen hünnap meyvesinin bileşimi ve meyvenin kurutulması

sırasında bileşiminde meydana gelen değişimler. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye, 57 s.

Youssef, H.M.K.E., Mousa, R.M.A. (2012). Nutritional assessment of wheat biscuits and fortified wheat biscuits with citrus peels powders. *Food Public Health*, 2(1): 55-60.

Zarein, M., Samadi, S.H., Ghobadian, B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *J Saudi Soc Agric Sci*, 14(1): 41-47.



D VİTAMİNİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ YOĞURT TÜKETİMİ VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Burcu Merve Aksu^{1*}, Fatih Özbey²

¹Demiroğlu Bilim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş / Received: 15.05.2021; Kabul / Accepted: 12.08.2021; Online baskı / Published online: 03.09.2021

Aksu, B.M., Özbey, F. (2021). D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketimi ve sağlık üzerine etkileri. *GIDA* (2021) 46 (5) 1171-1182 doi: 10.15237/gida.GD21089

Aksu, B.M., Özbey, F. (2021). Consumption of yogurt fortified with vitamin d and effects on health. GIDA (2021) 46 (5) 1171-1182 doi: 10.15237/gida.GD21089

ÖZ

Mikro besin ögesi eksiklikleri malnütrisyonla neden olan bir halk sağlığı problemidir. Bu eksiklikler sağlığı olumsuz etkileyerek morbidite ve mortalite prevalansını artırmaktadır. Yaygın görülen eksikliklerden biri D vitamini eksikliğidir. D vitamini, besinsel kaynaklarının sınırlı olması ile birlikte temel kaynağı güneş olarak kabul edilen bir vitamindir. Ancak yıl boyunca güneş alan ülkelerde de eksikliğin görülmesi bu konuda endişeleri doğurmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü D vitamini eksikliğini gidermek için zenginleştirmeyi kabul etmiştir. Yoğurt besin değeri yüksek ve toplumumuzda tüketimi tercih edilen fermente bir süt ürünüdür. Yoğurdun D vitamini ile zenginleştirilmesinin serum D vitamini düzeyini artırdığı gösterilmiştir. Zenginleştirilmiş yoğurt tüketiminin açlık glukoz, insülin direnci, trigliserit düzeyinde azalma ile sağlığa katkı sağladığını gösteren çalışmalar vardır.

Anahtar kelimeler: D vitamini, besin zenginleştirme, yoğurt

CONSUMPTION OF YOGURT FORTIFIED WITH VITAMIN D AND EFFECTS ON HEALTH

ABSTRACT

Micronutrient deficiencies are a public health problem that causes malnutrition. These deficiencies adversely affect health and increase the prevalence of morbidity and mortality. One of the common deficiencies is vitamin D deficiency. Although the dietary sources of vitamin D are limited, its main source is considered to be the sun. However, vitamin D deficiency in countries that receive sunlight throughout the year raises concerns in this regard. The World Health Organization has recommended food fortification for preventing vitamin D deficiency. Yogurt is a fermented dairy product with high nutritional value and preferred consumption in our society. It has been shown that fortification in yogurt with vitamin D increases serum vitamin D levels. There are studies reporting that consumption of fortified yogurt contributes to health by decreasing fasting glucose, insulin resistance and triglyceride levels.

Keywords: Vitamin D, food fortification, yogurt

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ burcumerve.demir@gmail.com

☎ (+90) 212 273 26 90

☎:(+90) 212 275 89 54

Burcu Merve Aksu; ORCID no: 0000-0002-6826-4462

Fatih Özbey; ORCID no: 0000-0002-7099-0041

GİRİŞ

Malnütrisyona; makro ve mikro besin öğelerinin düşük veya yüksek alımı ile karakterize edilen kompleks bir hastalıktır (Duggal ve Petri, 2018). Mikro besin öğesi eksiklikleri gelişmekte olan ülkelerde malnütrisyona neden olan bir halk sağlığı problemi olarak kabul edilmektedir (Chadare vd., 2019). Mikro besin öğeleri eksiklikleri, fiziksel ve bilişsel gelişmenin yanı sıra morbidite ve mortalitenin artışı ile birçok ülkede hastalık görülme oranlarında önemli bir artışa neden olmaktadır (Eichler vd., 2019). Mikro besin öğesi eksikliklerine demir, çinko, A vitamini, folat, B₁₂ vitamini, D vitamini ve omega-3 yağ asidi eksiklikleri örnek verilebilir. Demir eksikliği anemisi en yaygın görülen beslenme yetersizliğidir. Çinko eksikliği; merkezi sinir, gastrointestinal, bağışıklık, epidermal, üreme ve iskelet sistemlerini etkilemekte; bodurluk, düşük doğum ağırlığı gibi durumlara neden olmaktadır. A vitamininden zengin besinlerin yetersiz tüketimi çocuklarda önlenemez körlüğün sebeplerinden biridir (Saha ve Roy, 2020). İmmünomodülatör hormon olarak da bilinen D vitamini, kalsiyum ve fosfor metabolizmasının düzenlenmesinden ve sağlıklı bir kemik yapısının korunmasından sorumludur. Deneysel çalışmalar, D vitamininin aktif formu olan 1,25-dihidroksivitamin D'nin, endotelial membran stabilitesinin yanı sıra doğuştan gelen ve adaptif bağışıklık sisteminin birçok bileşeni üzerinde immünolojik aktiviteler uyguladığını göstermiştir. Düşük serum 25-hidroksivitamin D (25(OH)D) seviyeleri ile sedef hastalığı, tip 1 diyabet, multipl skleroz, romatoid artrit, tüberküloz, sepsis, solunum yolu enfeksiyonu ve COVID-19 dahil olmak üzere bağışıklıkla ilgili çeşitli hastalık ve rahatsızlıkların gelişme riskinin artması arasında ilişki bulunmaktadır (Charoenngam ve Holick, 2020). Epidemiyolojik veriler, D vitamini eksikliği prevalansının yüksek olduğu birkaç ülkenin COVID-19 enfeksiyonu nedeniyle komplikasyonlara ve mortaliteye duyarlılığın artmış olabileceğini bildirmektedir (Trovas ve Turnis, 2021). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması 2019 (TBSA-2019) raporuna göre D vitamininin beslenme ile karşılanma durumu 15 yaş üstü erkeklerde % 23.7 ve kadınlarda % 16.9'dur. D vitamini yetersizliği çocuklarda

raşitizme ve yetişkinlerde ise kemik mineral yoğunluğunun azalması sonucu kemik kaybına, osteoporoz ve osteomalasiye neden olmaktadır. Ülkemizde bebeklere ve gebelere ülke politikası olarak D vitamini destek programı uygulanmaktadır (Anonymous, 2019). Mikro besin öğelerinin eksikliğinin sağlık sorunları ve ekonomik kayba etkisi yüksektir. Bu eksiklikleri azaltmak Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Küresel Beslenme Hedefleri 2025'in ana hedeflerinden biridir. Bu eksikleri azaltma amacıyla gıdaların mikro besin öğeleri ile zenginleştirilmesi halk sağlığı uygulamalarından biri olarak tanımlanmıştır. Zenginleştirilmiş besinler düzenli olarak tüketilmeli, uygun fiyatlı ve güvenli olmalı, tüketici tercihlerini karşılamalıdır (Detzel vd., 2020). Gıda sanayinde ürünlerin çeşitlendirilmesi ve mevcut özelliklerinin geliştirilmesi için yapılan araştırmalar teknolojinin de desteği ile her geçen gün artmaktadır. Beslenme ve sağlık arasındaki doğrudan ilişkinin anlaşılması ile tüketiciler besleyici fonksiyonların yanı sıra besinlerden ek sağlık yararı bekleme eğilimine yönelmiştir (Arslan Burnaz vd., 2018). Bu çalışmanın amacı toplumumuzda sıklıkla eksikliği görülen D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketiminin günlük alınması gereken D vitamini düzeyine katkısı ve sağlık üzerine etkilerinin araştırılmasıdır.

Besin Zenginleştirme

Bir toplumda veya spesifik olarak bir grupta beslenme yetersizliklerini önleme veya iyileştirme gibi amaçlar ile halk sağlığı uygulaması olarak da görülen besin zenginleştirme besinin bileşiminde doğal olarak bulunan ve işleme süreçlerinde azalma görülen besin öğelerinin yeniden besine eklenmesidir. Besin güçlendirme kavramı ise bir besinin bileşiminde bulunmayan bir besin öğesinin besine eklenmesi anlamına gelmektedir (Kahyaoğlu vd., 2019). Besin zenginleştirme yöntemleri toplu zenginleştirme, hedefe yönelik zenginleştirme ve pazar odaklı zenginleştirme olarak üç kategoriye ayrılmaktadır (Tektonalı Akman ve Garipağaoğlu, 2018). Besin zenginleştirme 1940'lı yıllarda hız kazanmaya başlamış ve 1980 yılında Amerikan Besin ve İlaç Dairesi (FDA-Food and Drug Administration) tarafından uygun görülmüştür. 1992 yılında gerçekleştirilen Uluslararası Beslenme

Konferansı'nda bir gereklilik olarak görülmeye başlanmıştır (Kabakuş, 2017). Zenginleştirme uygulamaları FDA denetimi altındadır. Yapılan zenginleştirme uygulamasının Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen Miktarının (General

Recognized as Safe: GRAS) üzerine çıkmaması gerekmektedir (Ilgaz vd., 2020). FDA 1980 yılında yayınladığı Besin Zenginleştirme Politikası'nı altı temel prensip ile bağdaştırmıştır (Dwyer vd., 2015). Bu prensipler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. FDA Besin Zenginleştirme Politikası Prensipleri (Dwyer vd., 2015)

FDA Besin Zenginleştirme Politikası Prensipleri

- Zenginleştirme olmaksızın tüketilen besinin alımının önerilen miktardan oldukça düşük olması
- Zenginleştirilmiş gıdanın popülasyonun besin ögesi alımına önemli katkı sağlaması
- Zenginleştirme ile eklenen besin ögesinin esansiyel besin ögelerinin homeostazını bozmaması
- Eklenen besin ögesinin uygun saklama ve kullanım koşullarında stabil kalabilmesi
- Besin ögesinin eklendiği gıdadan fizyolojik olarak elde edilebilmesi
- Potansiyel toksik alım düzeyleri ile görülmeyeceğinin güvence altına alınması

Besin ögeleri yaşamın her evresinde optimal sağlığın sağlanması ve sürdürülmesi için büyük bir öneme sahiptir. Besin zenginleştirme mikro besin eksikliklerinin üstesinden gelmek için uzun yıllardır uygulanan en uygun maliyetli strateji olarak tanımlanmıştır. Guatr, anemi, gece körlüğü, rikets, beriberi ve pellagra insidansını azaltarak sağlıkta iyileşmeye katkıda bulunmuştur. Zenginleştirme uygulamaları hastalıkların ortaya çıkmasını önlemenin yanı sıra popülasyonların yeterli besin alımına ulaşmasını sağlamaya yönelmeye başlamıştır. Besin zenginleştirmenin kabul edilir bir strateji olmasını artıran faktörlerden biri besin tüketim alışkanlıklarında değişiklik gerektirmemesidir (Cormick vd., 2020). Başarılı bir zenginleştirme için; toplum tarafından tüketimi eğilimi en yüksek olan besinler seçilmeli, tüketimi düzenli ve tutarlı miktarda olmalı, merkezi üretime olanak sağlamalı, düşük maliyetli

teknoloji kullanılarak ve ürün grupları arasında eşit bir dağılım sağlayacak şekilde nispeten kolayca eklenmesine izin vermelidir (Maurya vd., 2020). Esansiyel besin ögeleri; popülasyondaki bir veya daha fazla temel besin ögesinin kanıtlanmış bir eksikliğinin önlenmesi, azaltılması veya düzeltilmesi, beslenme durumu veya popülasyondaki bir veya daha fazla temel besin yetersiz alımının riskini azaltmak veya düzeltmek, bir veya daha fazla temel besin ögesinin gereksinimlerini ve/veya önerilen alımlarını karşılama, sağlığın korunması veya iyileştirilmesi ve/veya gıdaların beslenme kalitesini korumak veya iyileştirmek gibi amaçlar ile eklenmelidir (Anonymous, 2015). Gıda endüstrisi tüketici sağlığını iyileştirmek için zenginleştirme uygulamaları yapmaktadır. Zenginleştirmede en çok kullanılan besin ögeleri ve besinler Çizelge 2'de verilmiştir (Villamil vd., 2021; Jan vd., 2019).

Çizelge 2. Besin Zenginleştirme Uygulamaları (Jan vd., 2019)

Mikro besin ögeleri ile zenginleştirme	Besin bazlı zenginleştirme
İyot	Tuz
Demir	Unlu mamuller, buğday unu, mısır unu
A vitamini	Ekmeç
Folik Asit	Kahvaltılık gevrekler
D vitamini	Pirinç
	Çeşniler
	Süt ve süt ürünleri
	Formulalar, bebek mamaları
	İşlenmiş gıdalar
	Şeker
	Yemeklik yağ, margarin ve bitkisel yağlar

Halk sağlığı uygulamalarının kalitesini, güvenliğini ve etkililiğini sağlamak için besin zenginleştirme uygulamalarının düzenleyici etki gösteren bir çerçevesi olmalıdır. Ulusal besin zenginleştirme programları mevzuat çerçevesinde standartlar ve yönetmelikler kullanılarak yönetilebilir. Zenginleştirme uygulaması ile ilgili olarak düzenlemeler ve standartlar; tavsiye edilen besinler, hedef takviye seviyeleri, minimum ve maksimum seviyeler, takviye bileşikleri ile birlikte etiketleme, reklam, izleme, ürün örnekleme prosedürleri ve uyumu sağlamak için yaptırım önlemleri gibi hususları içermelidir (Cormick, 2020).

Besinlerin zenginleştirilmesi beslenme destek stratejisi olarak kullanılabilir. Besin zenginleştirme stratejileri tüketim porsiyonunu artırmaksızın makro ve mikro besin ögesi alımını artırıcı etki gösterebilir (Cave vd., 2020). Zenginleştirme stratejileri yaşamın her döneminde ihtiyaç duyulan süt ve süt ürünleri gibi enerji ve protein içeriği yüksek ürünlerden seçilebilir (Cave vd., 2020; Küçük ve Yınar, 2018). Süt ve süt ürünlerinin zenginleştirme uygulamalarında tercih edilmelerini günlük beslenmemizde tüketiminin yaygın olması, düşük sıcaklıkta saklanmaları, kısa raf ömrüne sahip olmaları, hava ve ışık geçirgenliği olmayan ambalajlarda paketlenmeleri gibi faktörler de etkilemektedir (Özcan ve Canpulat, 2008). Süt ürünleri tüketimi kas yapımı, kan basıncı ve düşük yağlı lipoprotein kolesterolünü düşürme ile diş çürümesini, diyabeti, kanseri ve obeziteyi önlemede etkileri olduğu görülmekle birlikte süt ürünleri tüketimi ve kanser mortalitesinin incelendiği bir meta-analizde, süt ürünleri tüketiminin tüm kanser türleri için mortalite riskine etki etmediği ancak; tam yağlı süt tüketimi ile prostat kanserinden mortalite riskini artırdığı bildirilmiştir (Tunick ve Hekken, 2015; Lu vd., 2016). Tip 2 diyabet riski ile yoğurt tüketim miktarları ilişkilendirildiğinde günlük 200 g yoğurt tüketimi ile % 22; 244 g yoğurt tüketimi ile % 18 ve 80 g yoğurt tüketimi ile % 14 tip 2 diyabet riskinde azalma bildirilmektedir. Yağ içeriği fark etmeksizin yoğurt tüketimi ile açlık plazma glukozu konsantrasyonu arasında ters orantılı bulunmuştur (Fernandez vd., 2017).

Fermente süt ürünleri dünyada tüketimi tercih edilen gıdalardandır. Fermente ürünlerin beslenme ve sağlık yararları sebebiyle tüketimine artan bir eğilim vardır (Garcia-Burgos vd., 2020). Fermantasyon prosesinin raf ömrünü uzatma ve gıdaya özgü yapı, aroma kazandırma gibi faydaları mevcuttur (Altuntaş, 2021). Yoğurt fermantasyonunda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*'un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 2009). Yoğurt; protein, kalsiyum, magnezyum, B₁₂ vitamini, konjuge linoleik asit ve yağ asitleri bakımından iyi bir kaynak olup besleyici özelliktedir. Ulusal gıda kompozisyon verilerine göre 100 gram tam yağlı yoğurdun D vitamini içeriği 44 IU'dur (Anonymous, 2014). Yoğurdun matrisi besin emilimini ve sindirimini artırarak sağlığı olumlu katkıda bulunmaktadır (Fernandez ve Marete, 2017). Yoğurttaki bakteri kültürlerinin proteolitik aktivitesi, süt proteinlerinin daha iyi sindirilebilirliğini ve yoğurtta daha fazla miktarda serbest amino asit oluşumunu sağlamaktadır. Ayrıca, bakterilerin yoğurttaki aktivitesi, sütle karşılaştırıldığında kalsiyum, potasyum, fosfor ve çinkonun biyoyararlanımını arttıran asidik bir ortamla sonuçlanmaktadır (Gasparri vd., 2019). Ülkemizde süt ve süt ürünleri yaygın tüketim tercihinden dolayı gıda sanayinde içme sütünden sonra en çok işlenen ürünlerden biri yoğurttur. Yoğurt üretimi ülkemizde 2019 yılında bir önceki yıla göre % 1.46 oranında azalarak 1.18 milyon tona düşmüştür. Bununla beraber 2019 yılı kişi başı yoğurt tüketimi ise 29.5 kg olarak hesaplanmıştır (Anonymous, 2019). Türkiye İstatistik Kurumu 2020 yılı verilerine göre ise; şubat ayında bir önceki yılın aynı ayına göre ticari süt işletmeleri tarafından yapılan yoğurt üretimi % 4.2 artarak 87 bin 213 ton, Ocak-Şubat döneminde ise bir önceki yılın aynı dönemine göre % 6.2 artarak 179 bin 202 ton olarak gerçekleşmiştir (Anonymous, 2020). Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi (TÜBER)'nde yetişkinler arasında yoğurt süte göre daha sık tüketilmekle birlikte son bir ayda yetişkinlerin % 62.5'nin her gün veya haftada 5-6 kez yoğurt tükettiği bildirilmiştir. Tüketim miktarı ise her gün tüketenlerin 111 gram ve haftada 5-6 kez tüketenlerin ise 74 gramdır (Anonymous, 2015).

TBSA-2019 raporuna göre haftada 6-7 gün yoğurt ve ayran tüketenlerin oranı % 51.3'tür. Günlük yoğurt tüketim miktarı ise kadınlarda 100.1 g ve erkeklerde 125.5 g olmak üzere ortalama 112.7 g'dır (Anonymous, 2019). Yoğurtta bulunan biyoaktif peptitler sindirim sisteminde gastrik boşalmayı geciktirmektedir. Salınım ve emilim gibi süreçlerde besin öğeleri mikrobiyota ile etkileşimdedir. Vasküler sistemde anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibisyonu ile anti-hipertansif, anti-trombotik etki göstermektedir. Metabolik sistemde antikoolesterolemik etki, insülin duyarlılığı ve glukoz toleransını artırmaktadır. İmmün sistemde makrofajları uyarmaktadır; immün sistem hücrelerinin proliferasyonu ve olgunlaşmasını sağlamaktadır. Yoğurdun biyoaktif peptitleri bu özellikleri ile kardiyometabolik hastalıklara karşı etkinlik göstermektedir (Fernandez vd., 2017). Epidemiyolojik çalışmalar, yoğurt, peynir veya kefir gibi fermente süt ürünlerinin tüketimi tip 2 diyabet, metabolik sendrom, kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılması ve vücut ağırlığı yönetimi ile ilişkilendirmektedir (Furse vd., 2019). Obezite kronik hastalıklarda artan risk ile ilişkilendirilmektedir. Obeziteye genellikle yağ dokusu ve bağırsak tarafından sürdürülen kronik, düşük dereceli inflamasyon eşlik etmektedir. Bağırsakta, obezite ile ilişkili mikrobiyotanın düzensizliği ve bozulmuş bağırsak bariyer fonksiyonu, endotoksin maruziyetini artırabilir. Bağırsak bariyer fonksiyonu patojenler, inflamatuvar sitokinler, endokannabinoidler, diyet, egzersiz ve gastrointestinal peptidler tarafından sınırlandırılmaktadır (Pei vd., 2017). İntestinal flora insan vücudu homeostazında anahtar rol oynamaktadır. Mikroorganizmalar enerji dönüşümünü ve besinlerin emilimini etkilemekte, bağışıklık sistemini düzenlemekte ve konakçı organizmanın patojenik mikroorganizmalardan korunmasına yardımcı olmaktadır. Bağırsak mikroflorasının dengeli bileşimi diyet, stres, obezite, sindirim sistemi hastalıkları veya ilaçların neden olduğu herhangi bir değişiklik ile bozulabilmektedir. Bu durum pro-inflamatuvar bağışıklık yanıtları ve kanser dahil hastalık süreçlerinin başlamasına yol açabilmektedir (Karwowska vd., 2019). Yoğurt tüketimi, doğuştan gelen ve uyarlanabilir bağışıklık

tepkilerini, bağırsak bariyer fonksiyonunu, lipid profillerini geliştirerek ve iştahı düzenleyerek bağırsak sağlığını iyileştirebilmekte ve kronik inflamasyonu azaltabilmektedir (Pei vd., 2017).

Tüketicilerin fonksiyonel gıdaları tüketim talebinin artışı beslenme gereksinimlerini karşılamanın yanı sıra sağlığın geliştirilmesini ve vücut fonksiyonlarını destekleyici gıdalar aramasına yol açmaktadır. Beslenme bilimi de fonksiyonel gıdaların tasarlanması, zenginleştirilmesi ve üretimine yönelmeye başlamıştır (Jamshidi vd., 2020). Süt endüstrisi, farklı süt zenginleştirme stratejileri kullanarak ürünlerinin beslenme kalitesini artırmakla ilgilenmektedir (Villamil vd., 2021).

D Vitamini

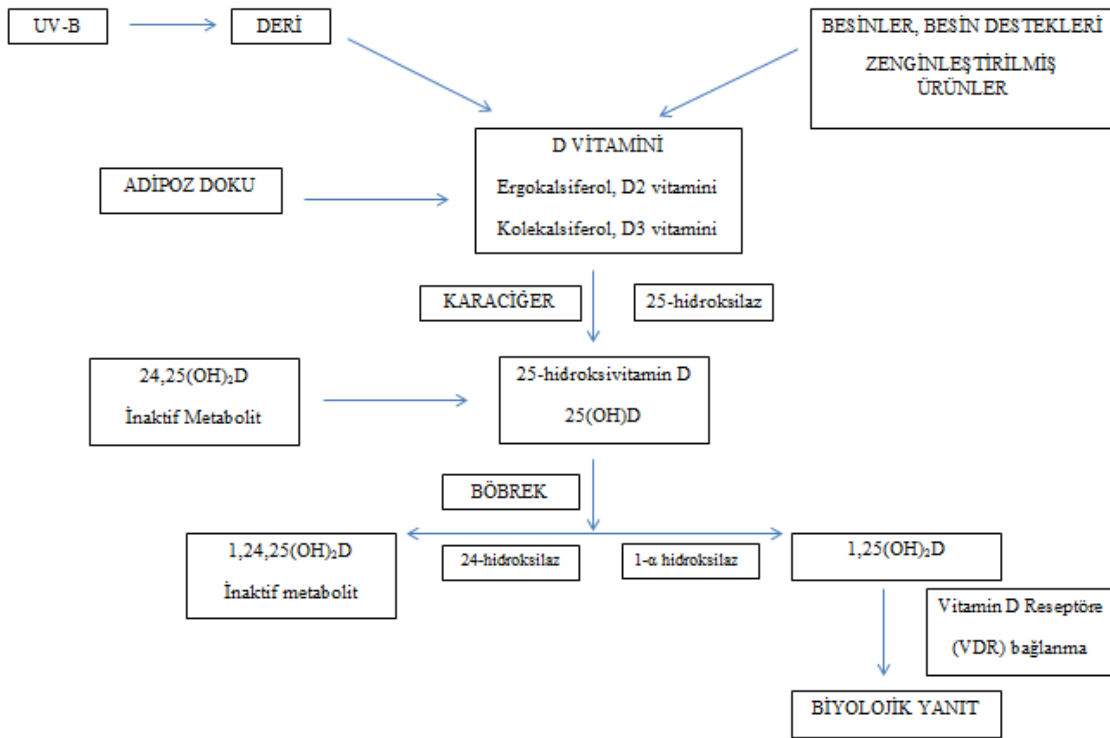
D vitamini kalsiyum-fosfor homeostazında ve kemik sağlığında önemli rol oynayan yağda eriyen bir vitamindir. Diğer vitaminlerin aksine serum seviyeleri yalnızca diyet alımına bağlı değildir ve vücuttaki endojen üretim ile ilişkilidir. Güneşten kaçınma ile birlikte kapalı mekanlarda yaşamayı içine alan modern yaşam tarzı, cilt yanıkları, deri kanseri, güneş koruyucu krem kullanımı gibi faktörler endojen üretimi azaltıcı etki göstermektedir (Rejiven ve Soeters, 2020). Çevresel faktörler arasında güneşe maruz kalmadaki mevsimsel değişimler, coğrafi enlemler, hava kirliliği ve daha koyu cilt güneş ışığı ile in vitro D vitamini oluşumunu etkilemektedir (Ebadi ve Montano-Loza, 2020). Kas kalsiyum taşınmasının düzenlenmesi, kemik mineralizasyonu ve büyüme, immün sistem düzenlenmesi, kalsiyum fosfor homeostazının sağlanması, insülin sekresyonunun düzenlenmesi, hücre proliferasyonu kontrolü, hücre farklılaşmasının uyarılması ve apoptozis indüksiyonu gibi fonksiyonları vardır (Layana vd., 2017). D vitamini metabolizması Şekil 1'de verilmiştir. D vitamini günlük alım önerisi TBSA-2019 raporunda 15 µg / gün olarak bildirilmiştir (Anonymous, 2019). Türk Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği (TEMED) genç kadınlarda osteroporozun önlenmesi için 18-50 yaş arası kadınların günde 1000 mg kalsiyum ve 800-1500 IU D vitamini ve sağlıklı yetişkin erkekler için 600-800 IU D vitamini alımı önermektedir

(Anonymous, 2020). D vitamini düzeyi belirlenmesinde serum 25(OH)D kullanılmaktadır (Cashman, 2020). D vitamini ile ilişkili olarak serum 25(OH)D <50 nmoL / L veya 20 ng / mL düzeyi eksiklik; 25(OH)D <30 nmoL / L veya 12 ng / mL düzeyi ciddi eksiklik olarak tanımlanmaktadır (Amrein vd., 2020). TEMD-2020 kılavuzuna göre serum D vitamini sınıflaması ise Çizelge 3'te verilmiştir. D vitamini düzeyini arttırmak için güneş ışığına maruz kalmak halk sağlığı yaklaşımı olarak kabul edilmekte olup bu hususla ilgili endişeler vardır (Cashman, 2020). Yıl boyunca yoğun güneş alan bölgelerde bile D vitamini eksikliği görülebilmektedir (Maurya vd., 2020). D vitamini eksikliği dünya çapında bir salgındır (Merzon vd., 2020). D vitamini açısından zengin besin kaynaklarının sınırlı tüketimi ve azlığı diyet ile D vitamini alımının yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Beslenme verileri popülasyondaki alışılmış D vitamini alımlarının tavsiye edilenden çok daha düşük olduğunu göstermektedir (Cashman, 2020). 2017 yılında Yas hastanesine başvuran 18-45 yaş arası 305 infertil kadın ile yapılan çalışmada D vitamini düzeyi ortalama 22.82 ng / mL olarak bildirilmiş olup % 58.7'sinde D vitamini düzeyi 20 ng / mL altında saptanmıştır (Alavi vd., 2020). TBSA-2019 raporuna göre ülkemizde günlük D vitamini alımı 19-64 yaş arası kadınlarda $3.1 \pm 13.02 \mu\text{g}$ ve erkeklerde $3.7 \pm 8.77 \mu\text{g}$ 'dir (Anonymous, 2019). Afrikalı Amerikan bireylerde Avrupalı Amerikan bireylere göre D vitamini eksikliği prevalansı 15-20 kat daha yüksektir. Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme Araştırması 2001-2010 verilerine göre, D vitamini takviyesi almayanlar arasında D vitamini eksikliği (25(OH)D <20 ng / mL) prevalansı, Hispanik olmayan siyahlar için % 75, Hispanik olmayan beyazlar için % 20 ve Hispanik bireyler için % 44 olarak bildirilmiştir. Şiddetli eksiklik (25(OH)D <10 ng / mL) ise Hispanik olmayan siyahlarda % 17 iken; Hispanik olmayan beyazlarda sadece % 1 olarak belirlenmiştir. Bu durum kısmen ciltteki melaninin sentezi için gerekli olan ultraviyole güneş ışınlarını bloke edilmesinden kaynaklanan yetersiz D vitamini üretimi ile açıklanabilir (Ames vd., 2021). D vitamini eksikliği; kemik metabolik bozuklukları, ikincil hiperparatiroidizm, kas güçsüzlüğü, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, obezite, tip-I

ve tip-II diyabet, kronik enfeksiyonlar ve otoimmün hastalık da dahil olmak üzere bağışıklık aracılı bozukluklar gibi durumlar ile ilişkilidir (Gasparri vd., 2019). D vitamini farklı mekanizmalar ile solunum yolu enfeksiyonları riskini azaltıcı etki gösterebilir. Bu mekanizmalar arasında; viral replikasyon oranlarını azaltabilen katelisinlerin ve defensinlerin indüklenmesi; akciğerlerin kaplamasına zarar veren, pnömونيye yol açan iltihaplanma sitokinlerinin konsantrasyonlarının azaltılması ve anti-enflamatuvar sitokinlerin konsantrasyonlarının artırılması yer alır (Grant vd., 2020). Epidemiyolojik ve *in vitro* çalışmaların sonuçları, vitaminin kanser, kardiyovasküler hastalıklar, otoimmün hastalıklar ve enfeksiyonlar dahil olmak üzere sağlık üzerinde geniş etkilere sahip olabileceği için D vitamini alımını önermektedir (Rejiven ve Soeters, 2020). Ancak çoğu çalışma geriye dönük veya küçük örneklerle dayanmaktadır (Cereda ve Bogliola, 2019). D vitamini seviyelerinin hızlı ve sürdürülebilir bir restorasyonunun sağlanması ve böylece potansiyel olarak klinik durum ve prognozda iyileşmeyi tetikleyecektir. Bununla birlikte, bu spekülasyonu ele almak ve COVID-19 hastalarında adjuvan tedavi olarak D vitamini rolünü ile ilgili engellerin üstesinden gelmek için prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç vardır (Ebadi ve Montana-Loza, 2020). Besinlerde sınırlı bulunan D vitamini sıcaklık, pH, tuz, oksijen ve ışık gibi çevresel stres koşulları nedeniyle gıda işleme ve saklama sırasında kısmen kayıplar görülebilmektedir. DSÖ, D vitamini eksikliğini gidermek için en etkili ve en güvenli yöntem olarak besin zenginleştirmesini kabul etmiştir. Zenginleştirme uygulamalarında lipozom, katı lipid partikülleri, nanoyapılı lipid taşıyıcılar, emülsiyon, püskürtmeyle kurutma gibi çeşitli mikrokapsülleme teknikleri kullanılabilir (Maurya vd., 2020). D vitamini ile gıda zenginleştirme uygulamaları dünyada yaygın olarak yapılmaktadır. Özellikle yaşlı ve koyu tenli bireylere oral takviyeler önerilmektedir (Rejiven ve Soeters, 2020). TÜBER'de de D vitamini ile zenginleştirme uygulamalarının ve zenginleştirilmiş bu ürünlerin tüketiminin teşvik edilmesinin oldukça önemli olduğuna da değinilmiştir (Anonymous, 2015). D vitamini takviyesi ile ilgili kolekalsiferol,

ergokalsiferol, kalsidiol ve kalsitriol formları incelenmektedir. Doğada başlıca bulunan D vitamini formu kolekalsiferoldür. Ergokalsiferol kolekalsiferole göre daha az kararlı bir bileşiktir. Kalsidol, kolekalsiferolün dolaşımdaki başlıca metabolitidir. Kalsitriol ise kalsiyumun bağırsaktan aktif taşınmasını düzenleyen ve paratiroid hormonu salgılanmasını baskılayıcı etki göstermektedir. Kalsidiol ve kalsitriol besin ögesi olarak kabul edilmediği; ergokalsiferol muhafaza,

pişirme ve fırınlama gibi proseslerde kararlı formunu koruyamadığı için zenginleştirme veya takviye olarak önerilen form kolekalsiferol formudur (Vieth, 2020). Ülkemizdeki uygulamada ise; Türk Gıda Kodeksi Gıdalara Vitaminler, Mineraller ve Belirli Diğer Öğelerin Eklenmesi Hakkında Yönetmeliğinde gıdalara eklenebilecek zenginleştirme öğelerinin formları belirlenmiştir. D vitamini için bu form; kolekalsiferol ve ergokalsiferoldür (Anonymous, 2017).



Şekil 1. D vitamin metabolizması (Layana vd., 2017)

Çizelge 3. Serum 25(OH) Vitamin D Düzeyi Sınıflaması (Anonymous, 2020)

Serum 25 (OH) Vitamin D Düzeyi	Sınıfı
30-50 ng/mL (75-125 nmol/L)	Kemik Sağlığı Dışı Etkileri için Yeterli
>20 ng/mL (50 nmol/L)	Kemik Sağlığı için Yeterli
10-20 ng/mL (25 nmol/L)	Yetmezlik
<10 ng/mL (25 nmol/L)	Eksiklik
>150 ng/mL	İntoksikasyon

Greenberg vd. (2019a) tarafından Danimarka'da yaşayan 18-50 yaşlarındaki Danimarka ve Pakistan kökenli 143 kadının katıldığı çalışmada 12 hafta boyunca müdahale grubuna porsiyonları 150 g yoğurt, 60 g peynir, 1 yumurta ve 1 küçük gevrek

ekmek (crisp bread) olan zenginleştirilmiş gıdalar beslenmelerine eklenmiştir. Müdahale grubunda D vitamini alımı 29 µg / gün olarak saptanmış olup D vitamini düzeyleri Danimarkalı kadınlarda 53.3'den 77.8 nmoL / L'ye; Pakistanlı kadınlarda

44.5'den 54.7 nmoL / L'ye yükselmiştir. Bonjour vd. (2018) tarafından D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketimine serum 25(OH) vitamin D yanıtının araştırıldığı randomize kontrollü çalışmaya 55-75 yaş arası 5 yıldan daha uzun süredir menapozda olan sağlıklı 140 kadın dahil edilmiştir. 24 haftalık çalışma müdahale-5 (M-5), müdahale-10 (M-10) ve kontrol grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. M-5 grubunda 5 µg D vitamini ilaveli 1 porsiyon yoğurt, M-10 grubunda 5 µg ilaveli 2 porsiyon yoğurt diyetlerine eklenmiştir. Zenginleştirilmiş ürünler 16 hafta (Ocak-Ağustos) boyunca tüketirilmiş, devamındaki 8 hafta (Ağustos-Ekim) ürünler tüketilmeden takip haftası olarak değerlendirilmiştir. Kontrol grubuna diyet alışkanlıklarını değiştirmemeleri tavsiye edilerek paralel zamanlarda kontrole çağrılmışlardır. Serum D vitamini düzeyi 16. haftada M-5 grubunda 36.5 nmoL / L'den 54.8 nmoL / L'ye; M-10 grubunda 35.9 nmoL / L'den 59.4 nmoL / L'ye yükselmiştir. 24. haftada ise M-5 grubunda 52.6 nmoL / L; M-10 grubunda 58.9 nmoL / L olarak saptanmıştır. Bu çalışmada zenginleştirilmiş yoğurt tüketimi ile serum 25(OH) vitamin D düzeyinin arttığı ve mevsimsel olarak sağlıklı menopoz dönemindeki kadınlarda günde 5 µg takviyenin önemli olduğu bildirilmektedir. Farklı zenginleştirme ve takviye kullanımı senaryoları ile D vitamini alımının yeterliliği ve güvenliği üzerine yapılan bir çalışmaya 18-50 yaş arası 855 Danimarkalı kadın dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan kadınlarda D vitamini düzeyi % 88'i için 7,5 µg / gün altında belirlenmiştir. Zenginleştirilmiş gıda olarak 20 µg vitamin D alımı sağlayan 150 g sade yoğurt, 60 g peynir, 1 yumurta ve 10 g gevrek ekmekek kullanılmıştır. Zenginleştirilmiş gıdalar ile birlikte günlük 40 µg / gün D vitamini takviyesini alan tüm kadınlarda yeterli ve güvenli alım seviyelerinin mevcut olduğu ancak; günlük 80 µg / gün veya daha fazla D vitamini takviyesi tüketildiğinde kadınlarda üst alım limiti olan 100 µg / gün'e ulaşma riski ortaya çıktığı gösterilmiştir (Greenberg vd., 2019b). Beauchet vd. (2019) 65 yaş üstü, demansı olmayan, hipovitaminoz [serum 25(OH)D konsantrasyonu <75 nmoL / L], kalsemi (<2.,65 mmoL / L)], takviye kullanmayan 40 yaşlı kadın ile yaptığı çalışmada müdahale

grubuna 3 ay boyunca günlük olarak zenginleştirilmiş yoğurt (400 IU D3 vitamini ve 800 mg kalsiyum), kontrol grubuna ise zenginleştirilmemiş yoğurt verilmiştir. Kontrol grubunda bilişsel performans ve serum 25(OH) vitamin D düzeylerinde azalma görülürken müdahale grubunda değerler korunmuştur. Bu çalışma ile günde iki kez D vitamini (200 IU) ve kalsiyum (400 mg) ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketiminin, yaşlı kadınlarda bilişsel performansı ve D vitamini düzeyini koruyucu etki gösterdiği saptanmıştır. Metabolik sendrom tanılı yetişkin bireylerde peynir altı suyu proteini, kalsiyum, D vitamini, prebiyotik lif ve probiyotik kültürler ile sade yoğurt tüketimi ile ağırlık kaybı ilişkisinin incelendiği çift-kör randomize kontrollü bir çalışmada müdahale grubuna enerji kısıtlı diyet ek olarak günlük 2 porsiyon (2 * 250 g) zenginleştirilmiş yoğurt; kontrol grubuna ise aynı ölçüde az yağlı sade yoğurt tüketirilmişdir. Ağırlık kaybı müdahale grubunda 5.1 ± 3.0 kg, kontrol grubunda ise 4.3±1.9 kg olarak belirlenmiştir. Müdahale grubunda vücut yağ kütlesi, yağ yüzdesi, bel çevresi, insülin direnci, trigliserit düzeylerinde azalma; HDL, 25(OH)vitamin D düzeylerinde artış gözlenmiştir. Zenginleştirilmiş yoğurt tüketen bireylerde vücut ağırlığı kaybında yağsız kütleden kayıp daha az olarak bildirilmiştir (Mohammadi-Sartang vd., 2018). Tıp-II diyabet hastaları ile 12 hafta boyunca günde 2 porsiyon zenginleştirilmiş yoğurt içeceği (170 mg kalsiyum ve 500 IU / 250 mL D vitamini) tüketiminin leptin ve grelin düzeylerine etkisinin incelendiği tek kör randomize kontrollü klinik çalışmada; serum leptin düzeyi 1.3±7.2 mg / L (p = 0.013); grelin düzeyi 10.1±26.1 ng / L (p = 0.012) artmıştır. Leptin / grelin oranında ise azalma görülmüştür. Bu çalışma D vitamini ile iyileştirilmesinin, iştah hormonlarını düzenleyerek insülin duyarlılığında bir iyileşme ile sonuçlanabileceğini göstermektedir (Hajimohammadi vd., 2017). 24-32 yaş arası ikinci trimesterde olan gestasyonel diyabet tanılı gebeler ile 16 hafta boyunca sade yoğurt içeceği ve D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt içeceği tüketiminin insülin direnci ve lipit profiline etkisinin incelendiği çift kör randomize kontrollü çalışmada 16 haftanın sonunda açlık glukoz, insülin, total kolesterol ve LDL düzeylerinde

azalma bildirilmiştir (Li ve Xing, 2016). Probiyotik ve D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketiminin etkilerinin incelendiği çift kör randomize kontrollü çalışmaya 20-60 yaş arası metabolik hastalığı olmayan obez 40 erkek ve 100 kadın dahil edilmiştir. Probiyotik kültür olarak *Lactobacillus acidophilus* La-B5 ve *Bifidobacterium lactis* Bb-12 kullanılmıştır. Katılımcılara normal enerji gereksinimlerinden 500-1000 kkal eksik diyet ve haftada 3 kez 45-60 dakika egzersiz önerilmiştir. Çalışma popülasyonu 4 gruba ayrılmıştır: 1) Normal az yağlı yoğurt ve düşük kalorili diyet, 2) Probiyotik yoğurt ve düşük kalorili diyet, 3) D vitamini takviyeli yoğurt ve düşük kalorili diyet, 4) Probiyotikler ile D vitamini takviyeli yoğurt ve düşük kalorili diyet. Üçüncü grupta D vitamin düzeyi 28.45 µg / L'den 38.56 µg / L'ye; dördüncü grupta 30.44 µg / L'den 36.01 µg / L'ye yükselmiştir. Trigliserit ve LDL düzeyleri tüm gruplarda azalmıştır. Bu çalışma D vitamini zenginleştirmesinin serum D vitamini düzeyini artırması ile birlikte çalışmada kullanılan *Lactobacillus acidophilus* La-B5 ve *Bifidobacterium lactis* Bb-12 probiyotik türlerinin D vitamini emilimi üzerinde olumlu bir etkisi olmadığını göstermiştir (Hajipoor vd., 2021).

SONUÇ

D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketimi; genellikle toplumlarda düşük alım düzeyi olan D vitamini alım düzeylerini artırmaktadır. Açlık glukoz konsantrasyonu, insülin direnci, trigliserit düzeyleri gibi kan parametrelerinde düşüş sağlayarak sağlığa olumlu etki gösterebilmektedir. Bilişsel performansın korunmasına, ağırlık kaybı ve vücut yağ kütlesi kaybına destek olmaktadır. Zenginleştirilmiş ürünlerin tüketimi ile birlikte gereksinmeden yüksek oral takviye alımı üst alım düzeylerinde D vitamini alımına sebep olabilir. Bu konu ile ilgili toplum bazlı daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin kaynak tarama, yazma, düzenleme aşamalarında katkıda bulunmuşlardır.

Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

Alavi, N., Ebrahimi, M., Akbari-Asbagh, F. (2020) The effect of vitamin d status on ovarian reserve markers in infertile women: a prospective cross-sectional study. *Int J Reprod Biomed.* 18(2):85-92, doi: 10.18502/ijrm.v18i2.6501.

Altuntaş, S. (2021). Yoğurdun zenginleştirilmesinde teknolojik ve güncel gelişmeler. *EJOSAT.* Özel sayı 22: 230-238, doi: 10.31590/ejosat.839360.

Ames, B.N., Grant, W.B., Willett, W.C. (2021). Does the high prevalence of vitamin d deficiency in african americans contribute to health disparities? *Nutrients.* 13(2): 499, doi: 10.3390/nu13020499.

Amrein, K., Scherkl, M., Hoffmann, M., Neuwersch-Sommeregger, S., Köstenberger, M., Berisha, A.T., Martucci, G., Pilz, S., Malle, O. (2020) Vitamin D deficiency 2.0: an update on the current status worldwide. *Eur J Clin Nutr.* 74(11):1498-1513, doi: 10.1038/s41430-020-0558-y.

Anonymous. (2009). Türk gıda kodeksi. Fermente süt ürünleri tebliği (2009/25). Tarım ve Orman Bakanlığı. 16 Şubat 2009. Sayı: 27143. Ankara.

Anonymous. (2014). Ulusal gıda kompozisyon veri tabanı TürKomp. <http://www.turkomp.gov.tr/food-4>. Erişim tarihi: 24.06.2021.

Anonymous. (2015). International food standards codex alimentarius. General principles for the addition of essential nutrients of foods. Adopted in 1987. Amendment:1989. Revision:2015. FAO, WHO. CAC/GL 9-1987.

Anonymous. (2015). Türkiye beslenme rehberi TÜBER T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031.2016. Ankara.

Anonymous. (2017). Türk gıda kodeksi gıdalara vitaminler, mineraller ve belirli diğer öğelerin eklenmesi hakkında yönetmelik. Tarım ve Orman Bakanlığı. 7 Mart 2017. Sayı: 30000. Ankara.

- Anonymous. (2019). Türkiye beslenme ve sağlık araştırması (TBSA), T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 1132, Ankara.
- Anonymous. (2019). Ulusal süt konseyi. Dünya ve Türkiye’de süt sektör istatistikleri, süt raporu.
- Anonymous. (2020). Türk endokrinoloji ve metabolizma derneği. Osteoporoz ve metabolik kemik hastalıkları tanı ve tedavi kılavuzu.
- Arslan Burnaz, N., Hendek Ertop, M., Karataş, Ş.M. (2018). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi. *GIDA*. 43(2):240-249, doi: 10.15237/gida.GD17098.
- Beauchet, O., Launay. C.P., Galery, K., Vilcoco, C., Dontot-Payen, F., Rousseau, B., Bencit, V., Allali, G. (2019). Effects of vitamin D calcium fortified yogurts on gait, cognitive performances, and serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in older community-dwelling females: results from the gait, memory, dietary and vitamin D (GAME-D2) randomized controlled trial. *Nutrients*. 11(12):2880, doi: 10.3390/nu11122880.
- Bonjour, J.P., Dontot-Payen, F., Rouy, E., Walrand, S., Rousseau, B. (2018). Evolution of serum 25OHD in response to vitamin D3-fortified yogurts consumed by healthy menopausal women: a 6-month randomized controlled trial assessing the interactions between doses, baseline vitamin D status, and seasonality. *J Am Coll Nutr*. 37(1):34-43, doi: 10.1080/07315724.2017.1355761.
- Cashman, K.D. (2020). Vitamin D deficiency: defining, prevalence, causes, and strategies of addressing. *Calcif Tissue Int*. 106(1):14-29, doi: 10.1007/s00223-019-00559-4.
- Cave, D.P., Abbey, K.L., Capra, S.M. (2020). Can food services in aged care homes deliver sustainable food fortification strategies? A review. *Int J Food Sci Nutr*. 71(3):267-275, doi: 10.1080/09637486.2019.1658722.
- Chadare, F.J., Idohou, R., Nago, E., Affonfere, M., Agossadou, J., Fassinou, T.K., Kenou, C., Honfo, S., Azokpota, P., Linnemann, A.R., Jounhougan, G.J. (2019) Conventional and food to food fortification: an appraisal of past practices and lessons learned. *Food Sci Nutr*. 7(9):2781-2795, doi: 10.1002/fsn3.1133.
- Charoenngam, N., Holick F.M. (2020). Immunologic effects of vitamin D on human health and disease. *Nutrients*. 12(7); 2097. doi: 10.3390/nu12072097.
- Cormick, G., Betran, A.P., Metz, F., Palacios, C., Beltran-Velazquez, F., Garcia-Casal, M.N., Pena-Rosas, J.P., Hofmeyr, G.J., Belizan, J.M. (2020). Regulatory and policy-related aspects of calcium fortification of foods. implications for implementing national strategies of calcium fortification. *Nutrients*. 8;12(4):1022, doi: 10.3390/nu12041022.
- Detzel, P., Klassen-Wigger, P. (2020). Market-driven food fortification to address dietary needs. *World Rev Nutr Diet*. 121:81-88, doi: 10.1159/000507522.
- Duggal, P., Petri, J.R. WA. (2018). Does malnutrition have a genetic component?. *Annu Rev Genomics Hum Genet*. 19:247-262, doi: 10.1146/annurev-genom-083117-021340.
- Dwyer, J.T., Wiemer, K.L., Dary, O., Keen, C.L., King, J.C., Miller, K.B., Philbert, M.A., Tarasuk, V., Taylor, C.L., Gaine, P.C., Jarvis, A.B., Bailey, R.L. (2015). Fortification and health: challenges and opportunities. *Adv Nutr*. 6(1): 124–131, doi: 10.3945/an.114.007443.
- Ebadi, M., Montano-Loza, A.J. (2020). Perspective: improving vitamin D status in the management of COVID-19. *Eur J Clin Nutr*. doi: 10.1038/s41430-020-0661-0.
- Eichler, K., Hess, S., Twerenbold, C., Sabatier, M., Meier, F., Wieser, S. (2019). Health effects of micronutrient fortified dairy products and cereal food for children and adolescents: a systematic review. *PLoS ONE*. 14(1): e0210899, doi: 10.1371/journal.pone.0210899.
- Fernandez, M.A., Marette, A. (2017). Potential health benefits of combining yogurt and fruits based on their probiotic and prebiotic properties. *Adv Nutr*. 8(1);155S-164S, doi: 10.3945/an.115.011114.
- Fernandez, M.A., Panahi, S., Daniel, N., Tremblay, A., Marette, A. (2017). Yogurt and

- cardiometabolic diseases: a critical review of potential mechanisms. *Adv Nutr.* 8:812–29, doi: 10.3945/an.116.013946.
- Furse, S., Torres, A.G., Koulman, A. (2019). Fermentation of milk into yoghurt and cheese leads to contrasting lipid and glyceride profiles. *Nutrients.* 11(9):2178, doi: 10.3390/nu11092178.
- Garcia-Burgos, M., Moreno-Fernandez, J., Alferez, M.J.M., Diaz-Castro, J. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *J Funct Foods.* 72:104059, doi: 10.1016/j.jff.2020.104059.
- Gasparri, C., Perna, S., Spadaccini, D., Alalwan, T., Girometta, C., Infantino, V., Rondanelli, M. (2019). Is vitamin D-fortified Yogurt a value-added strategy for improving human health? a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *J Dairy Sci.* 102(10):8587-8603, doi: 10.3168/jds.2018-16046.
- 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. *Nutrients.* 12(4):988, doi: 10.3390/nu12040988.
- Greenberg, I.M., Teens, I., Andersen, E.W., Kristensen, M., Larsen, R.E.K., Tran, T.L.L., Andersen, R. (2019). Effect of vitamin D fortified foods on bone markers and muscle strength in women of pakistani and danish origin living in denmark: a randomised controlled trial. *Nutr J.* 18:82, doi: 10.1186/s12937-019-0504-9.
- Greenberg, I.M., Teens, I., Ege, M., Christensen, T., Andersen, E.W. (2019). modelling of adequate and safe vitamin D intake in danish women using different fortification and supplementation scenarios to inform fortification policies. *Eur J Nutr.* 58(1); 227-32, doi: 10.1007/s00394-017-1586-9.
- Hajimohammadi, M., Shab-Bidar, S., Neyestani, T.R. (2017). Consumption of vitamin D-fortified yogurt drink increased leptin and ghrelin levels but reduced leptin to ghrelin ratio in type 2 diabetes patients: a single blind randomized controlled trial. *Eur J Nutr.* 56(6): 2029-2036, doi: 10.1007/s00394-017-1397-z.
- Hajipoor, S., Hekmatdoost, A., Rezai, M., Nacvak, S.M., Alipour, M., Eskandari, S., Mostafai, R., Sobhiyeh, M.R., Mohammadi, R., Pasdar, Y. (2021). The effect of yogurt co-fortified with probiotic and vitamin D on lipid profile, anthropometric indices and serum 25-hydroxy vitamin D in obese adult: a double-blind randomized-controlled trial. *Food Sci Nutr.* 9(1):303-312, doi: 10.1002/fsn3.1996.
- Ilgaz, Ş., Yardım, N., Çimen, M.Y.B., Kanbur, N., Özmert, E.N., Satman, İ., Taviş, B., Tayfur, M., Umman, C. (2020). Türkiye’de besinlerin D vitamini, folik asit ve demir ile zenginleştirilmesi: sağlık bakanlığı önerileri. *Turk J Public Health.* 18(3):226-248.
- Jamshidi, A., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J. (2020). Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. *Food Res Int.* 137:109353, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109353.
- Jan, Y., Malik, M., Yaseen, M., Ahmad, S., Imran, M., Rasool, S., Haq, A. (2019). Vitamin D fortification of foods in India: present and past scenario. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 193:105417, doi: 10.1016/j.jsbmb.2019.105417.
- Kabakuş, M. (2017). Mikro besin ögesi malnütrisyonda besin desteği mi? yoksa zenginleştirme mi? *GÜSBĐ.* 6(2); 77-82, ISSN: 2146-9954 / 2146-9954.
- Kahyaoglu, F., Demirci, B. (2019). Zenginleştirilmiş ve güçlendirilmiş gıdaların sağlık üzerine önemi ve çeşitli ülkelerde uygulanması. *Bozok Med J.* 9(2):164-69, doi: 10.16919/bozoktip.451123.
- Karwowska, Z., Szemraj, J., Karwowski, B.T. (2019). Anticancer properties of probiotic yogurt bacteria. *Postepy Biochem.* 65(3); 163-172, doi: 10.18388/pb.2019_266.
- Küçük, S.C., Yınar, A. (2018). D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurdun besin değeri ve metabolik etkileri. *GIDA.* 43(4): 549-557, doi: 10.15237/gida.GD18011.
- Layana, A.G., Minnella, A.M., Garhöfer, G., Aslam, T., Holz, F.G., Leys, A., Silva, R., Delcourt, C., Souied, E., Seddon, J.M. (2017).

- Vitamin D and age-related macular degeneration. *Nutrients*. 9(10): 1120, doi: 10.3390/nu9101120.
- Li, Q., Xing, B. (2016). Vitamin D3-supplemented yogurt drink improves insulin resistance and lipid profiles in women with gestational diabetes mellitus: a randomized double blinded clinical trial. *Ann Nutr Metab*. 68(4): 285-290, doi: 10.1159/000447433.
- Lu, W., Chen, H., Niu, Y., Wu, H., Xia, D., Wu, Y. (2016). Dairy products intake and cancer mortality risk: a meta-analysis of 11 population-based cohort studies. *Nutr J*. 15(1):91, doi: 10.1186/s12937-016-0210-9.
- Maurya, V.K., Bashir, K., Aggarwal, M. (2020). Vitamin D microencapsulation and fortification: trends and technologies. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 196:105489. doi: 10.1016/j.jsbmb.2019.105489.
- Mohammadi-Sartang, M., Bellissimo, N., Zepetnek, J.O.T., Brett, N.R., Mazloomi, S.M., Fararouie, M., Bedeltavana, S., Famouri, M., Mazloom, Z. (2018). The effect of daily fortified yogurt consumption on weight loss in adults with metabolic syndrome: a 10-week randomized controlled trial. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 28(6): 565-574, doi: 10.1016/j.numecd.2018.03.001.
- Özcan, T., Canpulat, Z. (2008). Süt ürünlerinin eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA) ile zenginleştirilmesi. Türkiye 10.Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, Türkiye. S 713-716.
- Pei, R., Martin, D.A., DiMarco, D.M., Bolling, B.W. (2017). Evidence for the effects of yogurt on gut health and obesity. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 57(8):1569-1583, doi: 10.1080/10408398.2014.883356.
- Rejiven, P.L.M., Soeters, P.B. (2020). Vitamin D: a magic bullet or a myth?. *Clin Nutr*. 39 (9): 2663-2674, doi: 10.1016/j.clnu.2019.12.028.
- Saha, S., Roy, A. (2020). Whole grain rice fortification as a solution to micronutrient deficiency: technologies and need for more viable alternatives. *Food Chem*. 326; 127049, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127049.
- Tektunalı Akman, C., Garipağaoğlu, M. (2018). Besin zenginleştirilmesi. Sağlık ve Toplum. 28(3); 3-9.
- Trovas, G., Tournis, S. (2021). Vitamin D and COVID-19. *Hormones(Athens)*. 20(1);207-208. doi: 10.1007/s42000-020-00231-9.
- Tunick, M.H., Hekken, D.L.V. (2015). Dairy products and health: recent insights. *J Agric Food Chem*. 63(43):9381-8, doi: 10.1021/jf5042454.
- Vieth, R. (2020). Vitamin D supplementation: cholecalciferol, calcifediol, and calcitriol. *Eur J Clin Nutr*. 74(11):1493-1497, doi: 10.1038/s41430-020-0697-1.
- Villamil, R.A., Guzman, M.P., Ojeda-Arredon, M., Arcilla, E.G., Giraldo, A., Mondragon, A.I. (2021). Cheese fortification through the incorporation of ufa-rich sources: a review of recent (2010-2020) evidence. *Helvion*. 7(1); E05785, doi: 10.1016/j.helivon.2020.e05785.



INFLUENCE OF WATER HARDNESS ON VOLATILE COMPOUNDS AND SENSORY PROPERTIES OF TURKISH COFFEE

Ceyda Dadalı*

Ege University, Engineering Faculty, Food Engineering Department, İzmir, Turkey

Received/ Geliş: 17.05.2021; Accepted/ Kabul: 12.08.2021; Published online/ Online baskı: 06.09.2021

Dadalı, C. (2021). Influence of water hardness on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee. *GIDA* (2021) 46 (5) 1183-1194 doi: 10.15237/gida.GD21087

Dadalı, C. (2021). Su sertliğinin Türk kahvesinin uçucu bileşenlerine ve duyuşal özelliklerine etkisi. *GIDA* (2021) 46 (5) 1183-1194 doi: 10.15237/gida.GD21087

ABSTRACT

Water used in coffee preparation has essential importance on coffee flavour. In this study, it was aimed to determine effect of water (soft, medium hard and hard) on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee. It was revealed that number of volatile compounds of Turkish coffee prepared with medium hard water higher than Turkish coffee prepared with soft and hard water. Medium hard water used Turkish coffee contain 30 volatile compounds from aldehyde (2), furan (13), furanone (1), ketone (2), pyrazine (7), pyridine (1), pyrrole (3), and thiophene (1) class. The sweetness and sourness of soft water used Turkish coffee samples were high. Roasted coffee and roasted hazelnut characteristics were perceived intensely in medium hard water used Turkish coffee samples. While bitterness was perceived intensely in hard water used Turkish coffee samples; the intensity of roasted coffee, roasted hazelnut, roasted almond, spicy, citrus, sweet, and sour characteristics were low.

Keywords: water hardness, Turkish coffee, sensory property, volatile compound

SU SERTLİĞİNİN TÜRK KAHVESİNİN UÇUCU BİLEŞENLERİNE VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZ

Kahve hazırlamada kullanılan su, kahvenin lezzetinde büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, suyun (yumuşak, orta sert ve sert) Türk kahvesinin uçucu bileşenleri ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Orta sertlikte suyla hazırlanan Türk kahvesinin uçucu bileşen sayısının yumuşak ve sert su ile hazırlanan Türk kahvesine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Orta sertlikte kullanılan Türk kahvesi, aldehit (2), furan (13), furanon (1), keton (2), pirazin (7), piridin (1), pirol (3) ve tiyofen (1) grubundan 30 uçucu bileşen içermektedir. Yumuşak su kullanılan Türk kahvesi örneklerinin tatlılığı ve ekşiliği daha fazla algılanırken, orta sertlikte su kullanılan Türk kahvesi örneklerinde kavrulmuş kahve ve kavrulmuş fındık karakterleri yoğun bir şekilde algılanmıştır. Sert su kullanılan Türk kahvesi örneklerinde acılık yoğun hissedilirken, kavrulmuş kahve, kavrulmuş fındık, kavrulmuş badem, baharatlı, narenciye, tatlı ve ekşi karakterler daha az algılanmıştır.

Anahtar kelimeler: Su sertliği, Türk kahvesi, duyuşal özellik, uçucu bileşen

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: ceyda.dadali@gmail.com

☎ (+90) 232 311 3007

☎ (+90) 232 311 4831

Ceyda Dadalı; ORCID no: 0000-0003-2102-8582

INTRODUCTION

The flavour of coffee is one of the important factors for determining coffee quality and acceptance by consumers (Jelen, 2012). Coffee processing and brewing parameters directly affect coffee flavour, quality, and acceptance. Coffee flavour changes due to some specific brewing parameters namely, extraction time, water quality, temperature, pressure, particle size and coffee/water ratio (Moroney et al., 2015)

Water is one of the important components of coffee brew that comes after roasted coffee. Water type used in coffee brewing influences dissolution and extraction of coffee compounds from coffee brew (Hendon et al., 2014). On the other hand, in many coffee studies the quality of the water used in coffee brew preparation is ignored. It was stated by Specialty Coffee Association of America (SCAA) that the quality of the water used in coffee preparation should be considered. The total dissolved solids (TDS) in the water to be used to brew a good quality coffee is specified by the SCAA. (SCAA, 2009).

Coffee brewing method changes depending on geographic, cultural differences and individual likes, also habits. One of the coffee brewing methods was Turkish coffee brewing prepared according to decoction method. Turkish coffee brewing method involves boiling of water and roasted, fine ground coffee (Petracco, 2001; Hameed et al., 2018; Cordoba et al., 2020). Turkish coffee is consumed in Middle East, North Africa, Caucasus, Balkans, and Eastern Europe (Küçükkömürler and Özgen, 2009). Kıvançlı and Elmacı (2016), Amanpour and Selli (2016), Elmacı and Gok (2020), Ayseli et al. (2021), and Akgün et al. (2021) conducted studies on volatile compound and sensory properties of Turkish coffee. L-asparaginase treatment on Turkish coffee volatiles were determined. Kıvançlı and Elmacı (2016) investigated effect of roasting conditions on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee. Amanpour and Selli (2016) compared the volatile profile of Turkish coffee and French press coffee. Ayseli et al. (2021) determined aroma active compound of Turkish

coffee brewed from medium and dark roasted coffee.

In the previous studies the effect of water type on coffee quality was evaluated (Gardner et al., 1958; Pangborn ve ark., 1982; Navarini and Rivetti, 2010; Hendon et al., 2014; Fibrianto et al., 2018; Dadalı and Elmacı, 2021). On the other hand, the effect of water hardness on Turkish coffee has not been investigated yet. The aim of this study was to determine the influence of water having different hardness values on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Medium roasted, fine ground Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) (Black Ivory) was used for Turkish coffee preparation. Turkish coffee samples were prepared with bottled water (Nestle), purified water, medium hard mains water, and hard mains water. Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) fiber and C7-C30 alkane mixture were obtained from Supelco.

Methods

Turkish coffee preparation

Turkish coffee samples were prepared with automatic Turkish coffee brewing machine (Arçelik). A total of 5 g roasted ground coffee and 65 ml of bottled water (Nestle), purified water, medium hard mains water, and hard mains water used for Turkish coffee preparation.

Water hardness determination

The hardness value of water samples was determined according to 973.52 numbered EDTA titrimetric method (AOAC, 1990). Total dissolved solids (TDS) of water samples were also determined by TDS meter (TDS-3).

Head space-solid phase microextraction (HS-SPME)

Volatile compounds of Turkish coffee prepared with water having different hardness values was extracted by HS-SPME. The extraction was implemented by using 50/30 μm DVB/CAR/PDMS fiber. For volatile compound analysis, 20 ml of Turkish coffee sample was used.

The prepared coffee was placed in a 40 ml vial and sealed with a PTFE coated silicon septum. The vial was placed on the block heater at 60°C and the fiber was held in the headspace of the vial for 30 minutes. The desorption of volatile compounds adsorbed on the fiber was achieved using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) (Dadalı and Elmacı, 2021).

GC-MS analysis

The volatile compound analysis was implemented using GC-MS (HP 6980 GC/HP-5973MS, Agilent Technologies). Temperature of injection port was 250°C. A DB-WAX (60 m x 0.25 mm, 0.50 µm film thickness, Agilent Technologies) capillary column was utilized for GC-MS analysis. The oven temperature program started at 50°C and was hold at 50°C for 2 minutes. The temperature was increased from 50°C to 90°C with an increase of 5°C/min and from 90°C to 220°C with an increase of 2°C/min and kept at 220°C for 10 minutes. Helium was used as carrier gas and the flow rate was 1.6 ml/dk (Akiyama ve ark., 2008). Identification of volatile compounds

were performed by WILEY and NIST libraries and Kovats index of volatile compounds was determined using C7-C30 alkane mixture.

Sensory analysis

The sensory evaluation of Turkish coffees prepared using water having different hardness values was carried out according to descriptive sensory analysis method (Altuğ Onoğur and Elmacı, 2015). Sensory analysis was carried out with the participation of 8 trained assessors aged between 21-57. The assessors were trained in eight sessions which continued 45 minutes. Descriptive sensory characteristics of Turkish coffee were developed during training panels. Turkish coffee samples were served in white porcelain cups. Eighty ml of prepared Turkish coffee samples were presented to each panellist at 65°C. The sensory characteristics and references used in the sensory evaluation of Turkish coffee samples are given in Table 1. The intensity of sensory attributes was evaluated using 0-50 mm graphical scale during sensory evaluation.

Table 1. Sensory characteristics and references used in sensory evaluation of Turkish coffee

Sensory characteristics	Reference
Roasted coffee	Roasted coffee
Roasted hazelnut	Roasted hazelnut
Roasted almond	Roasted almond
Vegetable	Raw mushroom
Spicy	Nutmeg
Earthy	Earth
Citrus	Orange
Sweet	Sucrose solution (1.00%)
Sour	Citric acid solution (0.15%)
Bitter	Caffeine solution (0.02%)

Statistical analysis

Statistical evaluation of water and Turkish coffee samples was performed by SPSS 20.0 package program. Statistical differences of analysis results were determined using ANOVA (Analysis of Variance) and Duncan multiple range test. Cluster analysis and principal component analysis (PCA) were applied to volatile compound and sensory analysis results. Cluster analysis and PCA were implemented using XLSTAT 2021.

RESULTS AND DISCUSSION

Water hardness

The hardness values of water samples are shown in Table 2. There was a significant difference among hardness values of water samples and also TDS values of water samples ($p < 0.05$). While purified water had the lowest hardness and TDS values, the hardness and TDS values of the mains water samples were higher at statistically significant level ($P < 0.05$). Also, the hardness and TDS value of bottled water were determined lower than mains water samples ($P < 0.05$).

Table 2. Hardness and TDS values of water samples¹

Water sample	Hardness value (mg/L CaCO ₃)	TDS value (mg/L TDS)
Soft water (purified)	13.65±0.66 ^a	32.33±0.47 ^a
Soft water (bottled)	25.13±1.80 ^b	51.17±1.43 ^b
Medium hard water (mains)	79.81±2.05 ^c	161.33±1.25 ^c
Hard water (mains)	166.38±3.70 ^d	465.67±2.49 ^d

¹: Analysis results were expressed as mean±standart deviation. The values with same letters within the same column are statistically similar ($P > 0.05$)

Volatile compounds

Volatile compounds determined in Turkish coffee brew prepared with soft, medium, and hard water are shown in Table 3. Volatile compounds from the aldehyde, furan, furanone, ketone, pyrazine, pyridine, pyrrole and thiophene groups were detected in Turkish coffee samples. It was determined that the water used in the preparation of coffee affects the number of volatile compounds found in Turkish coffee. The highest number of volatile compounds were determined in Turkish coffee prepared with medium hard water. Turkish coffee prepared with medium hard water contains 30 volatile compounds, including 2 aldehydes, 13 furans, 1 furanone, 2 ketones, 7 pyrazine, 1 pyridine, 3 pyrrole and 1 thiophene group. No statistically significant difference was detected in the number of volatile compounds between Turkish coffees prepared with soft water. A total of 29 volatile compounds (2

aldehydes, 12 furans, 1 furanone, 2 ketones, 7 pyrazine, 1 pyridine, 3 pyrrole, and 1 thiophene) were detected in these coffee brews. Turkish coffee prepared with hard water contained the least number of volatile compounds was (27 volatile compounds) namely; 2 aldehydes, 12 furans, 1 furanone, 1 ketone, 7 pyrazine, 1 pyridine, 2 pyrrole and 1 thiophene. In agreement with this study Dadalı and Elmacı (2021) determined highest number of volatile compounds in filter coffee prepared with medium hard water. On the other hand, the number of volatile compounds determined in this study was less than the number of volatile compounds determined by Ayseli et al. (2021) and Akgün et al. (2021). The coffee beans used in the different studies were obtained from different sources and this might have caused the differentiation in the number of volatile compounds detected.

Table 3. The area percentage of volatile compounds of Turkish coffee samples prepared with waters having different hardness values¹

Kovats index	Volatile compound	Soft water (purified)	Soft water (bottled)	Medium hard water (mains)	Hard water (mains)
	Aldehyde				
927	2-Methylbutanal	1.05±0.03 ^c	0.96±0.03 ^{bc}	0.83±0.06 ^{ab}	0.76±0.02 ^a
1557	Benzaldehyde	0.65±0.08 ^a	0.64±0.02 ^a	0.68±0.03 ^a	0.58±0.00 ^a
	Total	1.70±0.05 ^c	1.60±0.05 ^{bc}	1.51±0.02 ^b	1.34±0.02 ^a
	Furan and furanone				
878	2-Methylfuran	0.64±0.02 ^c	0.50±0.03 ^b	0.42±0.04 ^{ab}	0.36±0.00 ^a
943	2,5-Dimethylfuran	0.22±0.03 ^a	0.18±0.01 ^a	0.25±0.04 ^a	-
1075	2-Vinylfuran	0.30±0.02 ^b	0.24±0.01 ^{ab}	0.20±0.02 ^a	0.19±0.00 ^a
1149	2-Vinyl-5-methylfuran	-	-	0.20±0.03	-
1247	2- (Methoxymethyl) furan	0.34±0.02 ^a	0.33±0.01 ^a	0.35±0.03 ^a	0.31±0.01 ^a
1493	2-Furancarboxaldehyde	25.56±1.21 ^a	25.52±0.02 ^a	24.21±1.47 ^a	25.86±0.32 ^a
1520	Furfuryl formate	0.47±0.04 ^a	0.46±0.02 ^a	0.42±0.01 ^a	0.40±0.01 ^a
1542	1-(2-Furanyl)ethanone	4.00±0.03 ^a	4.02±0.03 ^a	3.97±0.12 ^a	4.21±0.03 ^a
1562	2-Furanmethanol acetate	14.90±0.33 ^a	14.75±0.19 ^a	14.26±0.22 ^a	14.35±0.04 ^a

Table 3. continue

Kovats index	Volatile compound	Soft water (purified)	Soft water (bottled)	Medium hard water (mains)	Hard water (mains)
1610	5-Methyl-2-furan carboxaldehyde	22.12±1.27 ^a	22.26±0.12 ^a	22.71±1.02 ^a	22.76±0.27 ^a
1623	2,2'-Bifuran	0.63±0.15 ^a	0.59±0.06 ^a	0.55±0.07 ^a	0.59±0.08 ^a
1632	2,2'-methylenebisfuran	0.62±0.11 ^a	0.57±0.03 ^a	0.64±0.10 ^a	0.56±0.05 ^a
1693	2-Furanmethanol	6.27±0.60 ^a	6.30±0.29 ^a	6.50±0.27 ^a	6.57±0.08 ^a
1270	Dihydro-2-methyl-3(2H)-furanone	0.27±0.03 ^a	0.26±0.00 ^a	0.29±0.02 ^a	0.27±0.01 ^a
	Total	76.35±0.07 ^a	75.97±0.12 ^a	75.00±0.94 ^a	76.44±0.05 ^a
	Ketone				
1050	2,3-Pentanedione	0.69±0.08 ^a	0.65±0.01 ^a	0.58±0.10 ^a	0.60±0.02 ^a
1083	5-Methyl-3-hexanone	0.25±0.01 ^a	0.24±0.01 ^a	0.21±0.04 ^a	-
	Total	0.94±0.09 ^a	0.89±0.02 ^a	0.79±0.14 ^a	0.60±0.02 ^a
	Pyrazine				
1302	Methylpyrazine	3.28±0.34 ^a	3.13±0.05 ^a	3.04±0.16 ^a	3.43±0.01 ^a
1358	2,5-Dimethylpyrazine	1.78±0.02 ^a	1.83±0.03 ^a	1.81±0.06 ^a	1.90±0.00 ^a
1372	Ethylpyrazine	2.14±0.23 ^a	2.33±0.07 ^a	2.86±0.30 ^a	2.39±0.09 ^a
1421	2-Ethyl-6-methylpyrazine	2.48±0.12 ^a	2.54±0.08 ^a	2.74±0.07 ^a	2.61±0.01 ^a
1429	2-Ethyl-5-methylpyrazine	2.09±0.14 ^a	2.13±0.02 ^a	2.30±0.14 ^a	2.11±0.01 ^a
1440	2-Ethyl-3-methylpyrazine	0.64±0.00 ^a	0.61±0.00 ^a	0.71±0.02 ^a	0.62±0.01 ^a
1478	3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine	1.39±0.18 ^a	1.43±0.02 ^a	1.66±0.23 ^a	1.45±0.06 ^a
	Total	13.80±0.12 ^a	14.00±0.25 ^a	15.13±0.53 ^a	14.50±0.04 ^a
	Pyridine				
1221	Pyridine	0.10±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.14±0.02 ^a	0.19±0.02 ^a
	Total	0.10±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.14±0.02 ^a	0.19±0.02 ^a
	Pyrrole				
1134	1-Methyl-1H-pyrrole	0.18±0.02 ^a	0.20±0.05 ^a	0.15±0.03 ^a	-
1665	1-Methyl-1H-pyrrole-2-carboxaldehyde	1.64±0.04 ^a	1.64±0.02 ^a	1.78±0.08 ^a	1.65±0.02 ^a
1869	N-furfuryl pyrrole	1.66±0.18 ^a	1.93±0.09 ^a	2.03±0.22 ^a	1.71±0.06 ^a
	Total	3.49±0.20 ^a	3.77±0.12 ^a	3.96±0.28 ^a	3.36±0.08 ^a
	Thiophene				
1743	3-Ethyl-2-formylthiophene	1.22±0.20 ^a	1.27±0.05 ^a	1.38±0.13 ^a	1.23±0.08 ^a
	Total	1.22±0.20 ^a	1.27±0.05 ^a	1.38±0.13 ^a	1.23±0.08 ^a
	Unknown				
1533	Unknown	0.84±0.13 ^a	0.63±0.16 ^a	0.47±0.02 ^a	0.83±0.08 ^a
1550	Unknown	0.67±0.02 ^a	0.69±0.01 ^a	0.69±0.00 ^a	0.70±0.00 ^a
1679	Unknown	0.23±0.07 ^a	0.38±0.00 ^a	0.30±0.06 ^a	0.36±0.01 ^a
1684	Unknown	0.66±0.01 ^b	0.70±0.00 ^b	0.64±0.06 ^b	0.46±0.04 ^a
	Total	2.40±0.17 ^a	2.39±0.15 ^a	2.10±0.14 ^a	2.35±0.06 ^a

¹: Analysis results were expressed as mean±standart deviation. The values with same letters within the same column are statistically similar ($P > 0.05$)

It was revealed that furan compounds is the main volatile compounds of all Turkish coffee brews. On the other hand, no statistically significant difference was observed among the area percentage of furan compounds of Turkish coffee

samples prepared with soft, medium hard and hard water ($P > 0.05$). The area percentage of total furan and furanone compounds were 76.35%, 75.97%, 75.00%, and 76.44% for Turkish coffee samples brewed with soft water (purified), soft

water (bottled), medium hard water and hard water, respectively. The water used for Turkish coffee brewing significantly affected area percentage of 2-methylfuran, 2,5-dimethylfuran, 2-vinylfuran, and 2-vinyl-5-methylfuran ($P < 0.05$). The area percentage of 2-methylfuran significantly decreased with increase in water hardness ($P < 0.05$). While 2,5-dimethylfuran was not determined in Turkish coffee prepared from hard water, 2,5-dimethylfuran area percentage of Turkish coffee brews with soft water and medium hard was not statistically different ($P > 0.05$). Turkish coffee samples brewed with medium hard and hard water had lower 2-vinylfuran area percentage than soft water Turkish coffee samples ($P < 0.05$). 2-vinyl-5-methylfuran was identified only in Turkish coffee prepared with medium hard water. In accordance with this study Ayseli et al. (2021) observed that furan compounds were main volatile compounds of Turkish coffee. Furan compounds contribute to the burnt, caramel, roasted and sweet aroma of coffee (Bicchi et al., 2002; Flament 2002; Schenker et al., 2002).

Volatile compounds from pyrazine group are the most common volatile compounds in Turkish coffee samples after furan group. The total area percentage of pyrazines changed between 13.80%-15.13%. There was no statistically significant difference in area percentage of total pyrazines and each pyrazine compounds among Turkish coffee samples prepared with water having different hardness value. It was observed that water hardness value had no significant effect on pyrazines ($P > 0.05$). Pyrazines are significant part of coffee flavour compounds generated with roasting due to Maillard reaction between amino acids and reducing sugars with α -diketones follow ring condensation as intermediates for transamination. Pyrazines are responsible from earthy and roasty flavour characteristics of coffee (Maeztu et al., 2001; Preedy, 2014; Gloess et al., 2018).

Total pyrrole content of Turkish coffee was not changed significantly depending on water type used in coffee brewing ($P > 0.05$). On the other hand, 1-methyl-1H-pyrrole was not determined in

Turkish coffee prepared with hard water. Pyrroles form as result of reaction of a 3-deoxyketose with amino compound after dehydration, ring closure. In coffee, pyrrole compounds contribute to coffee aroma notes (Mottram, 2007; Amanpour and Selli, 2016).

From aldehyde chemical class 2-methylbutanal and benzaldehyde were determined in all samples. Turkish coffee samples prepared with soft water contained less 2-methylbutanal area. The area percentage of benzaldehyde was not changed depending on water hardness ($P > 0.05$). Area percentage of 3-ethyl-2-formylthiophene from thiophene chemical class was not affected by water hardness significantly ($P > 0.05$). 3-ethyl-2-formylthiophene area percentage of Turkish coffee samples were between 1.22% and 1.38%.

2,3-pentanedione and 5-methyl-3-hexanone, which were member of ketone group were volatile compounds determined in Turkish coffee samples. 2,3-pentanedione was determined in all Turkish coffee samples and no statistically significant differences was observed among the area percentage of 2,3-pentanedione ($P > 0.05$). On the other hand, 5-methyl-3-hexanone was only identified in soft water and medium hard water used Turkish coffee samples. Ketone compounds in coffee contribute to fruity, butter, caramel, musty and mushroom-like aromas (López-Galilea et al. 2006).

Also, pyridine area percentage was not influenced by water hardness used in Turkish coffee preparation ($P > 0.05$). Pyridine area percentage of Turkish coffee samples was in 0.10%-0.19% range. Pyridine forms during coffee roasting process and higher pyridine content causes off flavour (Sanz et al., 2001). Pyridine gives burnt and smoky aromas to coffee (Flament, 2002).

For ideal coffee brewing SCAA (2009) advises that TDS value of water use in coffee preparation should be 150 mg/L. Also, water having a TDS value higher than 250 mg/L should not be used in coffee preparation (SCAA, 2009). Volatile compound results of this study supported SCAA specification. Medium hard water used in this

study had 161.33 mg/L TDS value which was found to be very close to 150 mg/L. Turkish coffee brewed with medium hard water had the highest number of volatile compounds. On the other hand, Turkish coffee samples were prepared with hard water having TDS value higher than 250 mg/L had the least volatile compound.

Cluster analysis was applied to volatile compounds of Turkish coffee samples, and two main groups were determined. Turkish coffee prepared with medium hard water formed a group, other Turkish coffee samples formed another group. Turkish coffee samples prepared with soft water constituted a subgroup (Figure 1). PCA was used for investigation of sample separation due to the volatile compounds.

According to the PCA results, two main components that meet 92.70% of the total variation were determined (Figure 2). Turkish coffee samples prepared with bottled and purified soft water were separated from other samples with area percentage of 2-methylfuran, 2-vinylfuran and 2,3-pentanedione. Volatile compounds namely; 2-vinyl-5-methylfuran, ethylpyrazine, 2-ethyl-5-methylpyrazine, 2-ethyl-3-methylpyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine, 1-methyl-1H-pyrrole-2-carboxaldehyde and n-furfuryl pyrrole were effective in differentiation of Turkish coffee samples prepared with medium hard water. Turkish coffee samples brewed using hard water were differentiated with 1-(2-furanyl)ethanone, methylpyrazine, 2,5-dimethylpyrazine and pyridine volatile compounds.

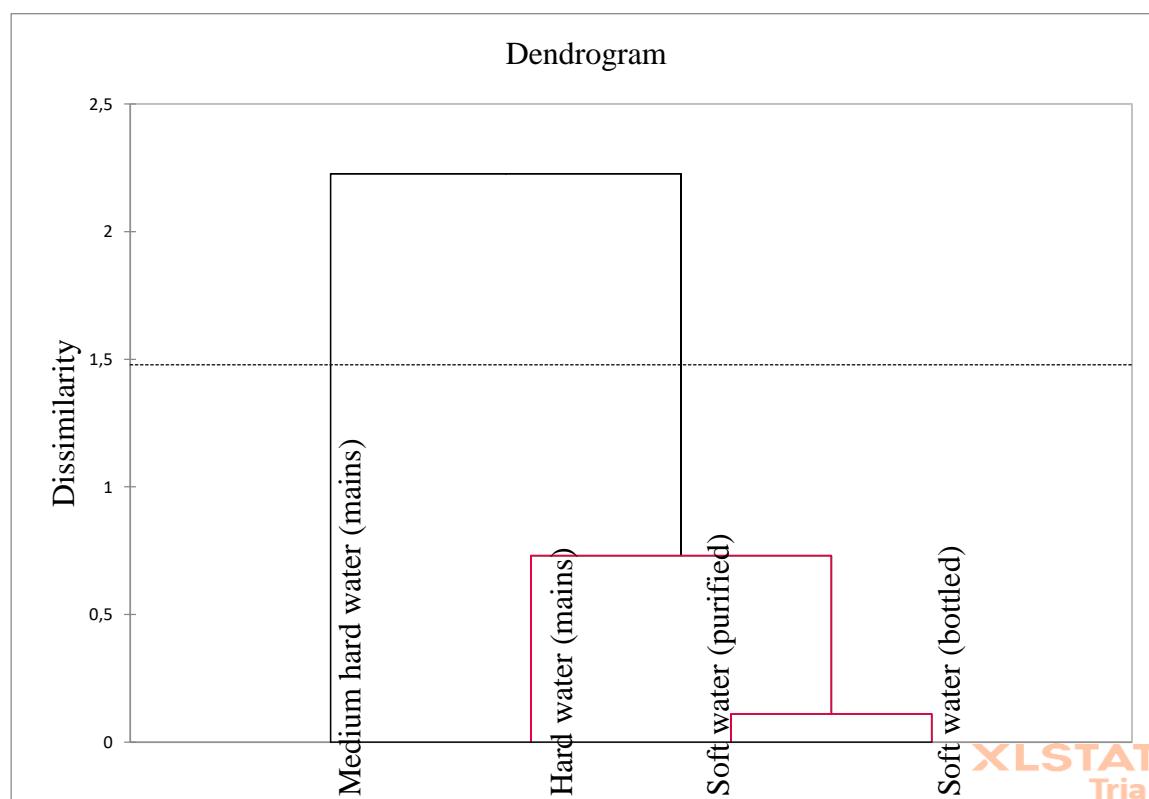


Figure 1. Cluster analysis result of volatile compounds of Turkish coffee samples

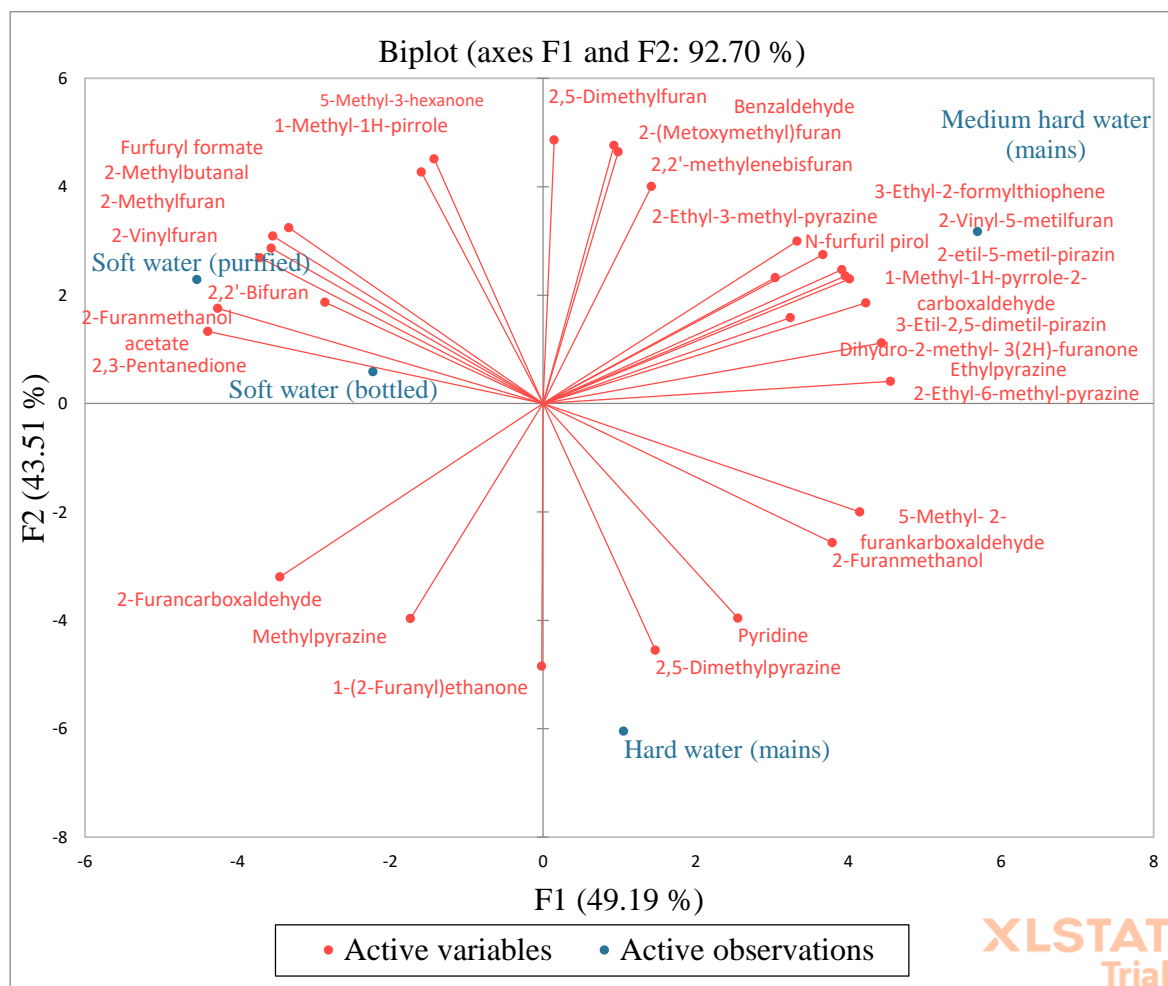


Figure 2. PCA of volatile compounds of Turkish coffee samples

Sensory analysis

The spider web diagram of sensory analysis results of Turkish coffee samples prepared with soft, medium hard, and hard water are given in Figure 3. Roasted coffee, roasted hazelnut, roasted almond, vegetable, spicy, earthy, citrus, sweet, sour and bitter sensory characteristics were perceived in all Turkish coffee samples. Roasted coffee and roasted hazelnut characters were intensely perceived in Turkish coffee prepared with medium hard water ($P < 0.05$). While the intensity of roasted almond character was low in Turkish coffee prepared with hard water ($P < 0.05$), there was no statistically difference between Turkish coffee samples prepared with soft water and medium hard water ($P > 0.05$). The hardness of water did not have statistically significant effect on vegetable character of

Turkish coffees ($P > 0.05$). On the other hand, spicy character perceived intensely in Turkish coffees prepared with soft water and medium hard water ($P < 0.05$). No significant difference was observed in earthy character of Turkish coffee samples ($P > 0.05$). Intensity of citrus character of Turkish coffee prepared with hard water was lower than other Turkish coffee samples ($P < 0.05$). Whereas sweetness and sourness were perceived intensely in Turkish coffee samples brewed with soft water, the intensity of sweetness and sourness was low in Turkish coffee brewed with hard water ($P < 0.05$). Turkish coffee prepared with hard water was the most bitter, followed by Turkish coffee prepared with medium hard water and soft water, respectively ($P < 0.05$).

In accordance with this study, Dadalı and Elmacı (2021) determined that filter coffee prepared with hard water was bitter than other samples, and filter coffee prepared with soft water were very sour. When hard water is used in coffee preparation, due to carbonate and bicarbonates,

bitter and flat coffee brew is obtained. Moreover, using soft water for coffee brewing results in excessive sourness. Since the alkalinity of the water reduces the acidity of the coffee, the sourness of the coffees prepared with hard water is less (Navarini and Rivetti, 2010).

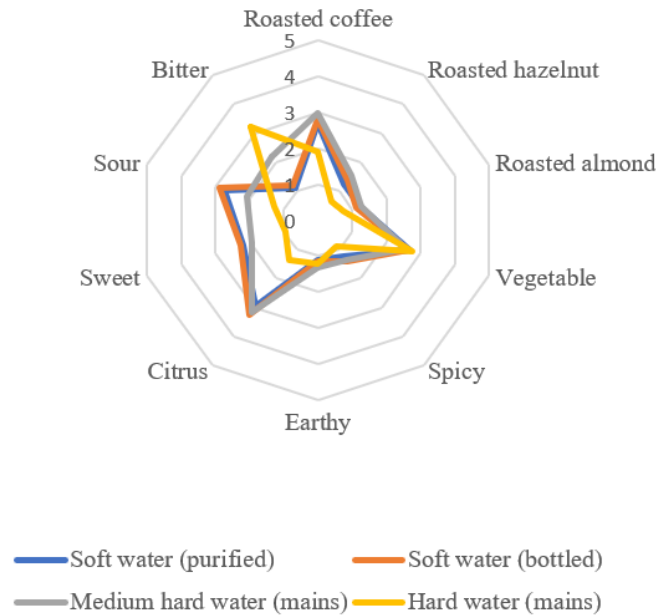


Figure 3. Spider web diagram of sensory characteristics of Turkish coffee samples

Cluster analysis was applied to sensory analysis results of Turkish coffee samples and two main groups were created. Turkish coffee samples brewed with hard water formed a group and Turkish coffee samples brewed with medium hard and hard water formed another group. Also, Turkish coffees prepared from purified and bottled soft water formed a subgroup (Figure 4). PCA was implemented to determine sensory characteristics that affected group forming. Biplot diagram of sensory characteristics of Turkish coffee samples is shown in Figure 5. Two main characters namely F1 (21.05%) and F2 (77.30%) explain 98.35% of total variation. Roasted coffee and roasted hazelnut sensory characteristics were effective in differentiation of Turkish coffee prepared with medium hard water. Turkish coffee samples brewed with soft water were separated from other Turkish coffee samples with sweet and

sour characters. Moreover, bitter character was effective in grouping of Turkish coffee brewed with hard water.

CONCLUSION

The hardness of water used in the preparation of Turkish coffee affected both volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee. Turkish coffee prepared with medium hard water had the highest number of volatile compounds, while Turkish coffee prepared with hard water had the least number of volatile compounds. Among the sensory properties, roasted coffee and roasted hazelnut were intensely perceived in Turkish coffee prepared with medium hard water, while the intensity of these characteristics were the lowest in Turkish coffee prepared with hard water. Turkish coffee samples did not differ in terms of vegetable and earthy characteristics.

Turkish coffee prepared with hard water came into prominence with excess bitterness and lower roasted almond, spice, citrus fruit, sweet and sour characteristics. In Turkish coffee prepared with

soft water, sweet and sour characteristics were perceived intensely, but the intensity of sour character was low.

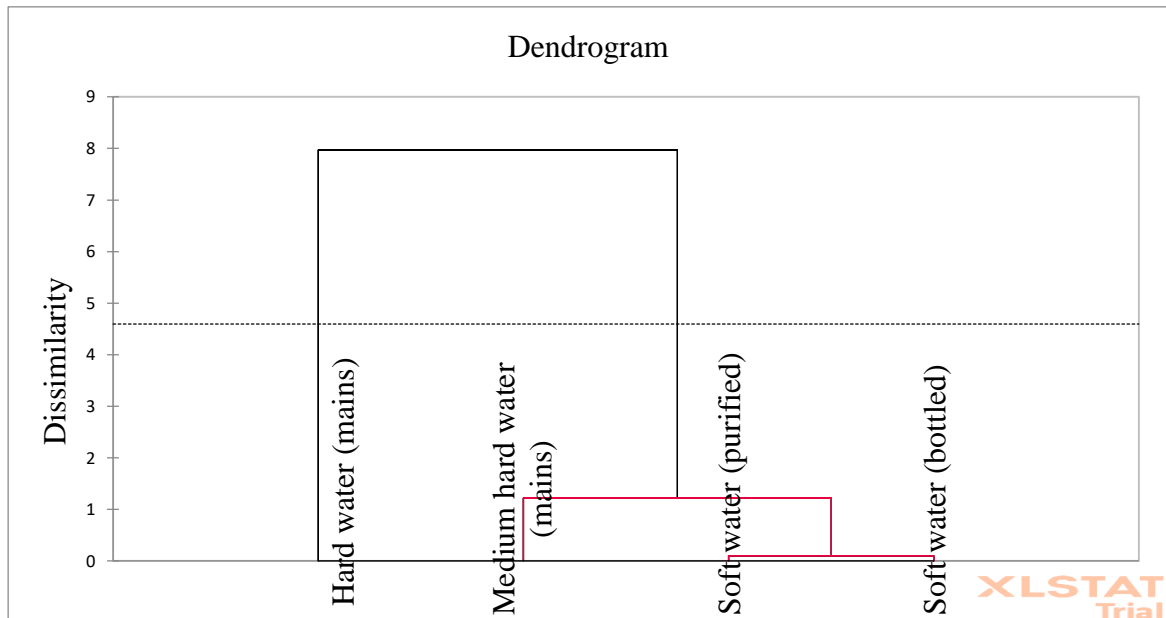


Figure 4. Cluster analysis results of sensory characteristics of Turkish coffee samples

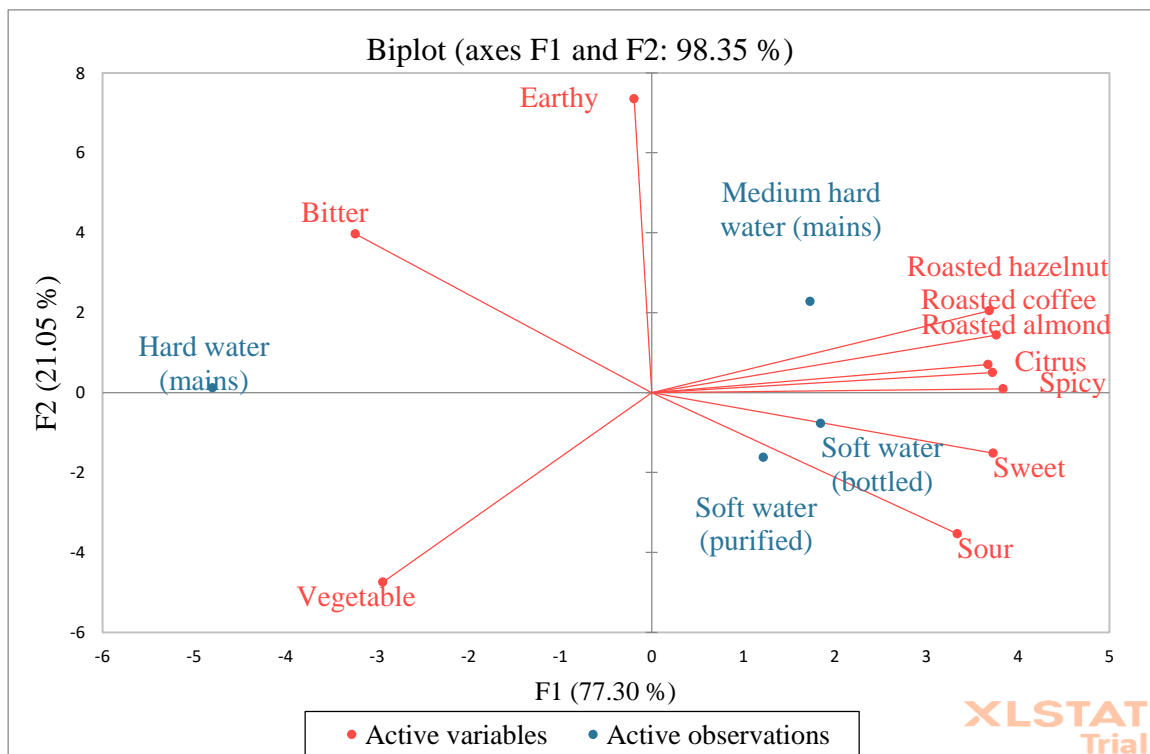


Figure 5. Biplot diagram of sensory characteristics of Turkish coffee samples

CONFLICT OF INTEREST

Author declares no conflict of interest.

REFERENCES

- Akgün, B., Arıcı, M., Çavuş, F., Karataş, A. B., Ekşi Karaağaç, H., & Uçurum, H. Ö. (2021). Application of l-asparaginase to produce high-quality Turkish coffee and the role of precursors in acrylamide formation. *J Food Process Preserv*, 45:e15486, doi: 10.1111/jfpp.15486.
- Akiyama, M., Murakami, K., Hirano, Y., Ikeda, M., Iwatsuki, K., Wada, A., Tokuna K, Onishi M, Iwabuchi, H. (2008). Characterization of headspace aroma compounds of freshly brewed Arabica coffees and studies on a characteristic aroma compound of Ethiopian coffee. *J Food Sci*, 73(5): C335-C346, doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00752.x.
- Altuğ Onoğur T, Elmacı Y. (2015). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. Sidas Medya, İzmir, Türkiye, 135s. ISBN:978-9944-5660-8-7.
- Amanpour, A., Selli, S. (2016). Differentiation of volatile profiles and odor activity values of Turkish coffee and French press coffee. *J Food Process Preserv*, 40(5): 1116-1124, doi: 10.1111/jfpp.12692.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis AOAC INTERNATIONAL. 15th Edition, Washington DC, the USA.
- Ayseli, M. T., Kelebek, H., Selli, S. (2021). Elucidation of aroma-active compounds and chlorogenic acids of Turkish coffee brewed from medium and dark roasted *Coffea arabica* beans. *Food Chem*, 338: 127821, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127821.
- Bicchi, C., Iori, C., Rubiolo, P., & Sandra, P. (2002). Headspace sorptive extraction (HSSE), stir bar sorptive extraction (SBSE), and solid phase microextraction (SPME) applied to the analysis of roasted Arabica coffee and coffee brew. *J Agric Food Chem*, 50(3): 449-459, doi: 10.1021/jf010877x.
- Cordoba, N., Fernandez-Alduenda, M., Moreno, F. L., Ruiz, Y. (2020). Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews. *Trends Food Sci Technol*, 96: 45-60, doi: 10.1016/j.tifs.2019.12.004.
- Dadalı, C., Elmacı, Y. (2021). The Effect of Water Hardness on Volatile Compounds and Flavour of Filter Coffee. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(2): 312-320, doi: 10.24925/turjaf.v9i2.312-320.3885.
- Elmacı, İ., Gok, I. (2021). Effect of three post-harvest methods and roasting degree on sensory profile of Turkish coffee assessed by Turkish and Brazilian panelists. *J Sci Food Agric*, 1-9, doi: 10.1002/jsfa.11185.
- Fibrianto, K., Ardianti, A. D., Pradipta, K., & Sunarharum, W. B. (2018). The influence of brewing water characteristic on sensory perception of pour-over local coffee. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 102(1): 012095, doi: 10.1088/1755-1315/102/1/012095.
- Flament, I. (2002). *Coffee Flavor Chemistry*. Wiley & Sons, West Sussex, England, 424 p. ISBN: 978-0-471-72038-6.
- Gardner, D. G. (1958). Effect of certain ion combinations commonly found in potable water on rate of filtration through roasted and ground coffee. *J Food Sci*, 23(1): 76-84, doi: 10.1111/j.1365-2621.1958.tb17541.x.
- Gloess, A. N., Yeretzian, C., Knochenmuss, R., Groessl, M. (2018). On-line analysis of coffee roasting with ion mobility spectrometry–mass spectrometry (IMS–MS). *Int. J Mass Spectrom*, 424: 49-57, doi: 10.1016/j.ijms.2017.11.017.
- Hameed, A., Hussain, S. A., Ijaz, M. U., Ullah, S., Pasha, I., Suleria, H. A. R. (2018). Farm to consumer: factors affecting the organoleptic characteristics of coffee. II: postharvest processing factors. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 17(5): 1184-1237, doi: 10.1111/1541-4337.12365.
- Hendon, C. H., Colonna-Dashwood, L., Colonna-Dashwood, M. (2014). The role of dissolved cations in coffee extraction. *J Agric Food Chem*, 62(21): 4947-4950, doi: 10.1021/jf501687c.
- Jelen, H. (2012). *Food flavors: Chemical, sensory and technological properties*. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, 504 p.

- Kıvançlı, J., Elmacı, Y. (2016). Characterization of Turkish-style boiled coffee aroma by gas chromatography and mass spectrometry and descriptive analysis techniques. *Int J Food Prop*, 19(8): 1671-1686, doi: 10.1080/10942912.2015.1080726.
- Küçükkömürler, S., Özgen, L. (2009). Coffee and Turkish coffee culture. *Pak J Nutr*, 8(10): 1693-1700.
- López-Galilea, I., Fournier, N., Cid, C., & Guichard, E. (2006). Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. *J Agric Food Chem*, 54(22): 8560-8566, doi: 10.1021/jf061178t.
- Maeztu, L., Sanz, C., Andueza, S., Paz de Pena, M., Bello, J., Cid, C. (2001). Characterization of espresso coffee aroma by static headspace GC-MS and sensory flavor profile. *J Agric Food Chem*, 49(11), 5437-5444, doi: 10.1021/jf0107959.
- Moroney, K., Lee, W., O'Brien, S., Suijver, F., Marra, J. (2015). Modelling of coffee extraction during brewing using multiscale methods: An experimentally validated model. *Chem Eng Sci*, 137: 216–234, doi: 10.1016/j.ces.2015.06.003.
- Mottram, D.S. (2007). The Maillard Reaction: Source of flavour in thermally processed foods. In *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*, Berger, R.G. (ed.), Springer-Verlag, Berlin, pp. 269–284.
- Navarini, L., Rivetti, D. (2010). Water quality for Espresso coffee. *Food Chem*, 122(2): 424–428, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.04.019.
- Pangborn, R.M. (1982). Influence of water composition, extraction procedures, and holding time and temperature on quality of coffee beverage. *Lebensm-Wiss Technol*, 15: 161–168.
- Petracco, M. (2001). Beverage preparation: Brewing trends for the new millennium. In *Coffee: Recent developments*, Clarke, R., Vitzthum, O.G. (ed), Blackwell Science, Oxford, pp. 140–164.
- Wei, F., Tanokura, M. (2014). Chemical Changes in the Components of Coffee Beans during Roasting. In *Coffee in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. (Ed.), Academic Press, London, pp. 83-90.
- Sanz, C., Ansorena, D., Bello, J., & Cid, C. (2001). Optimizing headspace temperature and time sampling for identification of volatile compounds in ground roasted Arabica coffee. *J Agric Food Chem*, 49(3): 1364-1369, doi: 10.1021/jf001100r.
- SCAA. (2009). Specialty Coffee Association of America. Water for Brewing Specialty Coffee. <http://www.scaa.org/?d=water-standards&page=resources> (Accessed 18.04.2021).
- Schenker, S.; Heinemann, C.; Huber, M.; Pompizzi, R.; Perren, R.; Escher, F. (2002). Impact of Roasting Conditions on the Formation of Aroma Compounds in Coffee Beans. *J of Food Sci*, 2002, 67(1): 60–66, doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11359.x.



RASFF SİSTEMİNDE TAHİL VE FIRINCILIK ÜRÜNLERİNİN AFLATOKSİN VE OKRATOKSİN A DÜZEYLERİ VE HATAY YÖRESİ BUĞDAYLARININ BU MİKOTOKSİNLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ*

Aydın Sağlam, M. Tuğrul Masatcıoğlu**

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tayfur Sökmen Kampüsü, Antakya, Hatay, Türkiye

Geliş / *Received*: 02.06.2021; Kabul / *Accepted*: 12.08.2021; Online baskı / *Published online*: 13.09.2021

Sağlam, A., Masatcıoğlu, M.T. (2021). RASFF sisteminde tahıl ve fırıncılık ürünlerinin aflatoksin ve okratoksin A düzeyleri ve Hatay yöresi buğdaylarının bu mikotoksinler açısından değerlendirilmesi. *GIDA* (2021) 46 (5) 1195-1204 doi: 10.15237/gida.GD21094

Sağlam, A., Masatcıoğlu, M.T. (2021). Analysis of RASFF notification on cereal and bakery products and evaluation of the aflatoxin and ochratoxin A in wheat from Hatay region. GIDA (2021) 46 (5) 1195-1204 doi: 10.15237/gida.GD21094

ÖZ

Bu araştırma makalesi esas olarak iki bölüm halinde tasarlanmıştır. Öncelikle, Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi (RASFF) veri kaynağı kullanılarak 2009-2018 yılları arasında yapılan tahıl ve fırıncılık ürünleri bildirimlerinde mikotoksin seviyeleri araştırılmıştır. Son on yılın bildirimleri değerlendirildiğinde, ortalama aflatoksin B₁ (AFB₁), toplam aflatoksin (TAF), okratoksin A (OTA) konsantrasyonları sırasıyla; 21.92, 34.98, 23.10 µg/kg olarak bulunmuştur. Çalışmanın ikinci bölümünde, Hatay yöresinde yetiştirilen 29 buğday örneğinde aflatoksin (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂) ve OTA analizi yapılmıştır. Mikotoksinlerin konsantrasyonu, HPLC-FD sistemi ile belirlenmiştir. Analitik yöntem, 401/2006 sayılı EC yönetmeliğine göre valide edilmiş ve geri kazanımlar %83.0-107.2 aralığında saptanmıştır. AFB₁, AFB₂ ve AFG₁ için pozitif örnek yüzdesi sırasıyla; %44.8, %13.8 ve %27.6 bulunmuştur. Bu çalışmada en yaygın mikotoksin, 0.174-137.880 µg/kg aralığında olan OTA'dır (%82.8). İncelenen numunelerin 5'inde OTA düzeyinin, Avrupa mevzuatı maksimum limit değerini (5 µg/kg) aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, RASFF bildirimlerinde belirlenen maksimum OTA düzeyi ortalamasından üç numune daha yüksek çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Gıda ve yemler için hızlı alarm sistemi (RASFF), buğday, aflatoksinler, okratoksin A, HPLC-FD, analitik yöntem validasyonu

ANALYSIS OF RASFF NOTIFICATION ON CEREAL AND BAKERY PRODUCTS AND EVALUATION OF THE AFLATOXIN AND OCHRATOXIN A IN WHEAT FROM HATAY REGION

ABSTRACT

This research paper was designed mainly in two parts. Primarily, the mycotoxin levels in cereal and bakery products notifications between 2009 and 2018 by using the Rapid Alert System for Food and

*Bu araştırma makalesi Aydın Sağlam'ın yüksek lisans tez çalışması kapsamında hazırlanmıştır / *This paper is a part of Aydın Sağlam's MSc thesis.*

**Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author;*

✉ tmasatci@gmail.com

☎ (+90) 326 245 5845

☎:(+90) 326 245 5832

Aydın Sağlam; ORCID no: 0000-0003-3721-7783

M. Tuğrul Masatcıoğlu; ORCID no: 0000-0002-2583-8796

Feed (RASFF) data source were investigated. When the notifications of the last decade are evaluated, the average concentrations of aflatoxin B₁ (AFB₁), total aflatoxins (TAF), and ochratoxin A (OTA) were found 21.92, 34.98, and 23.10 µg/kg, respectively. In the second part of the study, 29 wheat samples grown in the Hatay region of Turkey were analyzed to detect aflatoxin (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂) and OTA concentrations. The mycotoxin concentrations were determined by high-performance liquid chromatography with a fluorescence detection (HPLC-FD) system. The analytical method was validated according to Regulation (EC) No. 401/2006. The recoveries were in the range of 83.0-107.2%. The percentages of positive samples for AFB₁, AFB₂ and AFG₁ were 44.8, 13.8 and 27.6%, respectively. In this study, the most prevalent mycotoxin was OTA (82.8%), which found in the range of 0.174-137.880 µg/kg. Among 5 of the studied samples, it was determined that the OTA level exceeded the European legislation maximum limit of 5 µg/kg. Moreover, OTA levels of three samples were higher than the average of the maximum values of OTA level determined in RASFF notifications.

Keywords: Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), wheat, aflatoxins, ochratoxin A, HPLC-FD, analytical method validation

GİRİŞ

Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi (Rapid Alert System For Food and Feed; RASFF), Avrupa Birliği üyesi 28 ülkenin ulusal gıda güvenliği otoriteleri, Avrupa Komisyonu, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, EFSA), Avrupa Serbest Ticaret Birliği ve Norveç, Lihtenştayn, İzlanda, İsviçre arasında 1979 yılında kurulan bir araçtır (Anonymous, 2007). Bu sistemin temel amacı, gıda ve yemlerde ciddi riskler (mikotoksinler, patojen mikroorganizmalar, pestisit kalıntıları vb.) oluşmasının sonucunda bu sistemdeki üye ülkeler arasında gıda veya yem ile ilgili sağlık tehditlerine karşı daha hızlı ve koordineli bir şekilde hareket edilmesini ve alınabilecek önlemler ile ilgili yetkili kontrol birimleri arasında bilgi aktarımının sağlanmasıdır. Sistemin çalışma prensibi ise birkaç basamaktan oluşmaktadır. Öncelikle, üye ülkelerden herhangi biri insan sağlığı açısından gıda veya yem kaynaklı olarak tehdit oluşturabilecek bir bilgiyi tespit ederse bunu sistem (RASFF) aracılığı ile Komisyon'a bildirir. İlerleyen aşamada, komisyon irtibat noktası tarafından riskin doğrulanmasından sonra bu bildirimler belirlenen riskin ciddiyetine ve ürünün pazardaki dağılımına göre sınıflandırılır ve RASFF bildirimleri ağda bulunan tüm üyelere iletilir (Anonymous, 2007). Tehlike kategorisine göre gıdalarda en fazla RASFF bildiriminin mikotoksin kaynaklı olduğu, ülkemiz ihracatında da en önemli sorunun mikotoksin kaynaklı gıdaların oluşturduğu bildirilmiştir (Sağlam ve Masatcioğlu, 2020).

Mikotoksinler, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Claviceps* ve *Fusarium* cinslerinden çeşitli küfler tarafından üretilen toksik bileşiklerdir (Marin vd., 2013). Üç yüz adet tanımlanmış ikincil metabolitler arasında; zearalenon, deoksinivalenol, aflatoksinler, okratoksin A, patulin, fumonisinler son derece önemli mikotoksinler olarak sayılmaktadır (Amirahmadi vd., 2017). Aflatoksinler (AFs), *Aspergilli* türlerinden özellikle *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarafından üretilen ikincil toksik metabolitlerdir. Bu küfler belli gıda ve yemlerde uygun sıcaklık ve nem koşulları altında büyüyebilir ve hasat öncesi ve/veya sırasında, ambalajlamada, sevkiyatta ve depolamada aflatoksinler üretir (Bushby ve Wogan, 1979). Aflatoksinlerin kanserojen, mutajen ve teratojen madde potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Hendrickse, 1997). Okratoksin ise, kanserojenik, immunosupresif ve teratojenik özelliklere sahip nefrotoksik bir mikotoksin olarak tanımlanmıştır (Murphy vd., 2006). *Penicillium* (örneğin; *Penicillium verrucosum*) ve *Aspergillus* (örneğin; *Aspergillus westerdijkiae*) üyeleri tarafından üretilen Okratoksin A (OTA)'nın, tarımsal ürünler ve buğdaydan üretilen gıdalarda sıklıkla bulunduğu rapor edilmiştir (Duarte vd., 2010; Lee ve Ryu, 2017).

Giray vd. (2007), Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilen 41 buğday çeşidinde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ düzeylerini incelemişlerdir. Toplam aflatoksin (TAF) konsantrasyonunun 10.4-643.5 ng/kg arasında değiştiği ve örneklerin %59'unun TAF pozitif olduğu bildirilen

çalışmada, aflatoksin seviyelerinin yasal sınırlamaların altında olmasına rağmen bu miktarların mikotoksinlere günlük maruz kalma hususuna dikkat çekilmiştir. Trakya'nın 7 farklı bölgesinden temin edilen buğdaylarda ($n=100$) yürütülen bir diğer çalışmada, 2'şer örneğin hem TAF hem AFB₁, 28 buğday numunesinin ise OTA için izin verilen maksimum tolere edilebilir seviyeden yüksek olduğu rapor edilmiştir (Aydın vd., 2008). Çalışmada ayrıca, Güney-Doğu Avrupa'daki örnekleme alanında OTA varlığının dolaylı yoldan Endemik Balkan Nefropatisiyle ilişkili olduğu belirtilmekle birlikte toplum sağlığı için ciddi risk oluşturduğu ifade edilmiştir. Dolayısıyla, mikotoksinlerin tahıllarda ve aynı zamanda yemlerde bulunmaları, tarım işletmelerinde kayıplara neden olan ve halk sağlığını etkileyen önemli bir sorundur.

Bu çalışmanın birincil amacı, 2009–2018 yıllarını kapsayan on yıllık periyotta RASFF (Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi)'a üye ülkelerde tahıl ve fırıncılık ürünlerinde gerçekleşen mikotoksin bildirimlerinin incelenmesidir. Bir diğer anlatımla, ihracatı yapılan tahıl ve fırıncılık ürünlerinde en yüksek risk grubunu oluşturan mikotoksinlerin RASFF portalında bildirim yapılan düzeyleri saptanarak mevcut durum ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada ayrıca, Hatay İli Antakya merkez ve çevre ilçelerinden buğday numuneleri temin edilerek, aflatoksin (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂) ve OTA seviyeleri tespit edilmiş, elde edilen bulgular hem yasal sınırlamalar (Avrupa Komisyonu; European Commission, 2006a); 2011 tarihli ve 28157 sayılı Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde (Anonymous, 2011)) hem de RASFF (RASFF Portal, 2019) bildirimleri ile kıyaslanarak sunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

RASFF Bildirimlerinde Veri Materyali

Bu çalışmada Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi (Rapid Alert System for Food and Feed; RASFF) veri tabanı (<https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/>) kaynak olarak kullanılmıştır (RASFF Portal, 2019). RASFF portalında primer arama tipi "gıda", ürün kategorisi ise "tahıl ve

fırıncılık ürünleri" olarak seçilmiş ve tehlike kategorisinde "mikotoksinler" araştırma kapsamında incelenmiştir.

RASFF Verilerinin Değerlendirilmesi

RASFF portalında 01 Ocak 2009 – 31 Aralık 2018 tarihleri arasında, RASFF sistemine üye tüm ülkelere gelen bildirimler dikkate alınarak, yıllara göre mikotoksinlerin (AFB₁, TAF, OTA) düzeyleri Microsoft Excel (2016) programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Buğday Numunelerinin Temini

RASFF bildirimlerinin yanı sıra tahılların mevcut risk durumunun incelenmesi amacıyla, Hatay İli Antakya merkez ve çevre ilçelerindeki un fabrikaları ve değirmenlerden 2018 yılı Nisan-Mayıs aylarında her biri minimum 1 kg olacak şekilde toplam 29 adet buğday numunesi temin edilmiştir. Bu örneklerin temin edilmesini takip eden iki ay içerisinde aflatoksin (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂) ve OTA analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular hem Avrupa Komisyonu (European Commission, 2006a) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymous, 2011) tarafından her iki mikotoksin için beyan edilen üst limitler ile hem de RASFF portalında tespit edilen verilerle karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Aflatoksin ve Okratoksin A Tayinleri Örnekleme

Toplanan buğdaylar ($n = 29$) laboratuvar ölçekli değirmende (Valsli Değirmen-4000, Bastak, Türkiye) öğütülerek 212 µm'lik elekten geçirilmiştir. Öğütme işlemi sırasında çapraz kontaminasyonu önlemek amacıyla "mikotoksin negatif buğday" her bir numuneden sonra değirmenden 5 dakika süreyle geçirilmiş ve valsler temizlenmiştir. Benzer işlem her bir numunenin elekten geçirilmesinde de uygulanmıştır. Öğütülen her numune ayrı ayrı ağzı kilitli alüminyum çeperli polietilen poşetlere (ışık ve hava geçirmez) alınarak, analizler gerçekleştirilinceye kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

Ekstraksiyon Yöntemi

Aflatoksin (B₁, B₂, G₁ ve G₂)

Un örneklerinden AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ ekstraksiyonu AOAC Metod No: 999.07 de bazı

minör değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2016). Özetle, 50 g öğütülmüş ve 212 µm'lik elekten geçirilmiş buğday unu üzerine 300 mL metanol:su (4:1, v/v) ve 5 g NaCl (analitik saflıkta, Merck, Darmstad, Almanya) ilave edilerek 30 dakika blenderdan (Philips HR1337, Eindhoven, Hollanda) geçirilerek homojenize edilmiştir. Karışım kaba filtre kâğıdından süzülüş, ekstraktan 10 mL alınarak üzerine 60 mL fosfat tamponlu tuz çözeltisinden (PBS) ilave edilmiştir. Yeni karışım önce 0.45 mikron gözenekli filtre kâğıdından, sonrasında immünoafinite kolondan (R-Biopharm Rhone Ltd, Glasgow, Scotland, İngiltere) geçirilmiştir. Örnek geçişinden sonra kolon 15 mL ultra saf su ile yıkanmış ve hava ile kurutulmuştur. Daha sonra kolondan sırasıyla 1.375 mL metil alkol (HPLC saflıkta, Merck, Darmstad, Almanya) ve 1.925 mL HPLC saflıkta su geçirilmiş, elüat amber renkli viallere alınmıştır.

Okratoksin A

Çalışma kapsamındaki un numunelerinden OTA ekstraksiyonu, R-Biopharm A20P14.V9 yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (R-Biopharm, 2015). İlk olarak, 50 gr un numunesi 200 mL metanol:su (70:30, v/v) ile 1 dakika boyunca ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım Whatman no:4 filtre kâğıdından süzülüş ve 10 mL ekstrakta 40 mL PBS eklendikten sonra cam mikrofiberlerden (Merck, Darmstad, Almanya) tekrar süzülüşdür. Toplanan 20 mL'lik ekstrakt, immünoafinite kolonundan (R-Biopharm Rhone Ltd, Glasgow, Scotland, İngiltere) geçirilmiştir. Kolon, 10 mL PBS ve HPLC saflıkta 10 mL su ile yıkanmıştır. Son olarak OTA, 1.5 mL metanol ve 1.5 mL suyla elüe edilerek amber renkli viallere alınmıştır.

Mikotoksin Analizinde HPLC Koşulları

Aflatoksin ve OTA analizleri için kullanılan HPLC sistemi (Shimadzu, Kyoto, Japonya) LC-20 AD sıvı kromatografisi, DGU-20A₃ degasser, CTO-20A kolon fırını, SCL-10A kontrol sistemi ve LC Solution yazılımından oluşmaktadır. Mikotoksin ölçümlerinde floresans dedektör (RF-10AXL) ve C18 inertsil ODS-3, 4.6 mm × 150 mm, 5 µm kolon (GL Science, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Çalışmada, kolon fırın sıcaklığı 40 °C, enjeksiyon hacmi 100 µL ve akış hızı 1.000

mL/dk olarak ayarlanmıştır. Aflatoksin (AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂) için 35 µL nitrik asit ve 12 mg KBr içeren ultra saf su/metanol (55:45, v/v) karışımı, OTA için ise asetonitril/ultra saf su/asetik asit (49.5:49.5:1, v/v/v) karışımı mobil faz olarak kullanılmıştır.

Validasyon Yöntemi

Bu çalışmada, 2002/657/EC sayılı Avrupa Komisyonu Kararı tarafından bildirilen kriterlere göre; doğrusalılık, hassasiyet, tespit limiti (LOD) ve tayin limiti (LOQ) belirlenmiştir (European Commission, 2002). Standart eğriler, stok çözeltilerden bilinen en az beş dilüsyonla (aflatoksinler; AFs için 0.25 ile 5 µg/kg ve okratoksin A; OTA için 0.25 ile 10 µg/kg aralığında) yapılmıştır. Geri kazanım, kontrol grubu un numunelerine (mikotoksin negatif buğday unu) yüksek ve düşük konsantrasyon seviyelerinde AFs ve OTA eklenerek on tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tahıl ve Fırıncılık Ürünlerinde RASFF Portalında Belirlenen Mikotoksin Düzeyleri

Tahıl ve fıırıncılık ürünlerinde 2009-2018 yılları arasında yapılan RASFF bildirimlerinde tespit edilen mikotoksin (aflatoksin B₁; AFB₁, toplam aflatoksin; TAF ve okratoksin A; OTA) düzeyleri Çizelge 1'de verilmiştir. RASFF portalında on yıllık süreçte tahıl ve fıırıncılık ürünlerinde AFB₁ için yapılan bildirimler incelendiğinde, AFB₁ düzeyinin 2.1-251.0 µg/kg aralığında değiştii ve ortalama değerin 21.92 µg/kg olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın yapıldığı dönemde RASFF sisteminde bildirim yapılan TAF ve OTA düzeyleri ise sırasıyla, 2.8-328.0 µg/kg (ortalama; 34.98 µg/kg) ve 1.0-471.0 µg/kg (ortalama; 23.10 µg/kg) olarak saptanmıştır.

Avrupa Komisyonu (EC: European Commission) No 1881/2006 sayılı düzenlemeye (European Commission, 2006a) ve Türk Gıda Kodeksi "Bulaşanlar Yönetmeliği"ne (Anonymous, 2011) göre tahıl ve tahıl ürünlerinde AFB₁ en yüksek limit değerinin 2 µg/kg, TAF için maksimum limit değerinin ise 4 µg/kg olduğu bildirilmiştir. Anılan her iki yönetmelikte de, OTA için maksimum limit değerinin işlenmemiş tahıllarda 5 µg/kg,

diğer taraftan işlenmiş tahıl ve tahıl ürünlerinde ise 3 µg/kg olduğu beyan edilmiştir. RASFF bildirimlerinde tespit edilen AFB₁ düzeyleri beklenildiği gibi Avrupa Komisyonu tarafından bildirilen en yüksek limit değerlerinin üzerindedir. Ancak TAF düzeylerine bakıldığında, bazı yıllarda en düşük seviyelerin limit değerinin altında kaldığı görülmektedir (Çizelge 1). Bu durum, bildirim yapılan gıda örneğinde sadece TAF değil, yanı sıra AFB₁, OTA ve/veya diğer mikotoksinlerin de

beyan edilmesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, aynı gıda numunesinde, AFB₁ değerinin en yüksek limit değerini aştığı fakat TAF değerinin sınır değeri geçmediği durumlar söz konusu olabilir. Dolayısıyla, RASFF üyesi ülkeler arasında bu gıda örneği için AFB₁'den dolayı bildirim yapılmakta ve yanı sıra analiz edilen TAF değeri de beyan edilmektedir. Benzer durum OTA değerleri incelendiğinde de görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tahıl ve fırıncılık ürünlerinde 2009-2018 yılında yapılan RASFF bildirimlerinde tespit edilen AFB₁, TAF ve OTA düzeyleri*

Table 1. AFB₁, TAF and OTA levels in cereal and bakery products notifications between 2009 and 2018 obtained by RASFF data source

Yıllar Years	AFB ₁ (µg/kg)	TAF (µg/kg)	OTA (µg/kg)
2009	9.96 (2.4-47.0)	14.48 (2.8-51.0)	6.80 (3.6-18.6)
2010	8.80 (2.6-57.0)	14.07 (2.9-127.0)	22.23 (4.9-37.0)
2011	27.55 (2.9-155.3)	27.07 (3.3-153.0)	12.72 (4.8-39.0)
2012	16.24 (3.2-171.4)	68.30 (4.9-328.0)	8.91 (4.5-13.0)
2013	24.90 (3.9-86.1)	23.12 (6.2-57.0)	97.18 (5.1-471.0)
2014	36.67 (2.6-190.0)	59.00 (9.5-200.0)	12.53 (8.9-15.0)
2015	55.33 (2.1-251.0)	77.62 (10.7-284.0)	19.31 (1.4-40.0)
2016	11.09 (4.5-32.5)	13.50 (4.5-36.5)	27.55 (1.0-94.8)
2017	9.52 (3.0-54.0)	20.41 (5.6-67.0)	7.95 (6.0-9.9)
2018	19.12 (3.6-80.2)	32.27 (7.5-86.5)	15.80 (1.2-69.0)
Ortalama Mean	21.92 (3.08-112.45)	34.98 (5.79-139.00)	23.10 (4.13-80.73)

(*) Yıllara göre mikotoksin düzeyleri ortalama değer olarak verilmiştir (parantez içindeki değerler ise; minimum ve maksimum seviyeleri göstermektedir).

(*)Mycotoxin levels by years are given as the average value (the values in parentheses show the minimum and maximum levels).

Aflatoksin ve Okratoksin A için Validasyon Çalışması

Un matrisinde AFs ve OTA için yapılan validasyon çalışması sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. Kalibrasyon eğrisinin doğrusallığı (R²) AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ için sırasıyla; 0.9982, 0.9975, 0.9953 ve 0.9985 bulunmuştur. OTA için ise bu değer 0.9981 olarak tespit edilmiştir. AFB₁ için LOD değeri 0.041 µg/kg, LOQ değeri 0.104 µg/kg bulunmuştur. AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ için LOD değerleri sırasıyla, 0.021, 0.058 ve 0.040 µg/kg olarak; LOQ değerleri ise sırasıyla, 0.079, 0.202 ve 0.124 µg/kg

olarak belirlenmiştir. OTA için bu değerler sırasıyla; 0.050 µg/kg ve 0.166 µg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlar, Kabak (2012)'ın HPLC-floresans dedektör yöntemiyle gerçekleştirdiği çalışmasında, AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ ve OTA için bulguladığı LOD-LOQ değerleri ile benzer bulunmuştur.

Bu çalışmada, tekrarlanabilirlik ve geri kazanım için standart sapma değerleri %3.12 ile %12.62 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3). Buğday unu matrisinde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ için ortalama geri kazanım değerleri

sırasıyla, %99.5, %93.8, %98.6 ve %89.0 olduğu tespit edilmiştir. OTA için ortalama geri kazanım değeri ise %99.3 olarak saptanmıştır. Yüzde 89.0 ile %99.5 arasında değişen tüm geri kazanım değerleri (Çizelge 3), Avrupa Komisyonunun 401/2006 sayılı Komisyon Tüzüğü'nde (European Commission, 2006b) tanımlanan hem

AFB₁ (ve TAF; AFB₁ + AFB₂ + AFG₁ + AFG₂ toplamı) hem de OTA için kabul edilebilir seviyeler olan 1-10 µg/kg konsantrasyon aralığında %70-110; 1 µg/kg'ın altındaki konsantrasyon değerlerinde ise %50-120 geri kazanım oranları ile uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 2. AFs ve OTA için HPLC-FD yöntemiyle elde edilen validasyon verileri

Table 2. Validation data for AFs and OTA by HPLC-FD method

Mikotoksin <i>Mycotoxin</i>	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)	R ²	Doğrusallık Eşitliği <i>Linear regression equation</i>
AFB ₁	0.041	0.104	0.9982	y = 0.9991x + 0.0001
AFB ₂	0.021	0.079	0.9975	y = 0.9741x - 0.0026
AFG ₁	0.058	0.202	0.9953	y = 0.9908x + 0.0353
AFG ₂	0.040	0.124	0.9985	y = 1.0071x - 0.0145
OTA	0.050	0.166	0.9981	y = 0.9981x - 0.0183

Çizelge 3. HPLC-FD yöntemiyle buğday unundan AFs ve OTA geri kazanımları

Table 3. The recoveries of AFs and OTA from wheat flour by HPLC-FD method

Mikotoksin <i>Mycotoxin</i>	Toksin ilavesi <i>Spiking</i> (µg/kg)	Geri Kazanım ^a <i>Recovery</i> (%)	Ortalama Geri Kazanım ^b <i>Mean Recovery</i> (%)	RSD ^c (%)
AFB ₁	0.8	95.7	99.5	4.82
	3.2	103.3		
AFB ₂	0.2	96.2	93.8	3.12
	0.8	91.6		
AFG ₁	0.8	90.6	98.6	8.67
	3.2	107.2		
AFG ₂	0.2	94.6	89.0	9.62
	0.8	83.0		
OTA	3.0	98.2	99.3	12.62
	10.0	104.9		

(a) Geri kazanım değerleri 10 tekrarın ortalamasıdır.

(b) Tüm geri kazanım değerleri ortalaması.

(c) RSD; bağıl standart sapma.

(d) Recovery was means of 10 replicates.

(e) Overall average recovery.

(f) RSD; Relative standard deviation

Hatay Yöresi Buğdaylarının Mikotoksin Düzeyleri

Bu çalışmada Hatay İli merkez (Antakya) ve çevre ilçelerinde bulunan değirmen ve un fabrikalarından toplanan buğday numuneleri öğütülerek unda; aflatoksin (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂) ve OTA varlığı araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.

Çalışmada LOQ değerinin üzerinde tespit edilen tüm örnekler, pozitif olarak değerlendirilmiştir.

Buna göre toplam 29 un numunesinde test edilen aflatoksinler (AFs) içerisinde, AFB₁ (%44.8) en yaygın görülen mikotoksin olarak saptanmış, bunu sırasıyla; AFG₁ (%27.6) ve AFB₂ (%13.8)'nin takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4). Analiz edilen buğday örneklerinde AFG₂'ye rastlanmamıştır. Çalışmada AFB₁ konsantrasyonu ortalama 0.246 µg/kg (0.136-0.484 µg/kg) olarak belirlenmiş (Çizelge 4) olup, LOQ değeri ile Avrupa Komisyonu maksimum limit değerleri arasında (0.104-2.000 µg/kg) 13 buğday unu

Hatay yöresi buğdaylarının Aflatoxin ve Okratoksin A açısından değerlendirilmesi

örneğinde (%44.8) AFB₁ tespit edilmiştir (Çizelge 5). Çalışmada Avrupa Komisyonu (European Commission, 2006a) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymous, 2011)'ne göre tahıl ve tahıl ürünlerinde AFB₁ maksimum limit değerinin (2 µg/kg) üstünde herhangi bir örnek tespit

edilmemiştir. Dört buğday ununda AFB₂ (0.090-0.190 µg/kg), 8 numunede ise AFG₁ (0.216-0.540 µg/kg) saptanmıştır. Analiz edilen örnekler AFB₁ yönünden RASFF bildirimlerinde tespit edilen düzeylerle (Çizelge 1) kıyaslandığında, oldukça düşük bulunmuştur.

Çizelge 4. Buğday unu örneklerinde tespit edilen AFs ve OTA düzeyleri

Table 4. AFs and OTA concentration in wheat flour samples

Mikotoksin <i>Mycotoxin</i>	Pozitif Örnek ^a n (%) <i>Positive samples n</i>	Konsantrasyon (µg/kg) <i>Concentration</i>	
		Ortalama ^b <i>Mean</i>	Değer Aralığı ^c <i>Range</i>
AFB ₁	13 (44.8)	0.246	0.136-0.484
AFB ₂	4 (13.8)	0.135	0.090-0.190
AFG ₁	8 (27.6)	0.354	0.216-0.540
AFG ₂	Tüm örneklerde AFG ₂ değerleri <LOQ olarak tespit edilmiştir		
OTA	24 (82.8)	17.785	0.174-137.880

(^a) Pozitif örnek: Tayin limiti (LOQ) değerlerinin (AFB₁ için 0.104 µg/kg, AFB₂ için 0.079 µg/kg, AFG₁ için 0.202 µg/kg, AFG₂ için 0.124 µg/kg ve OTA için 0.166 µg/kg) üstünde kalan örnek sayısı

(^b) Pozitif örneklerin ortalama konsantrasyon değerleri

(^c) Pozitif örneklerin minimum ve maksimum değerleri

(^d) *Positive samples: The samples which are over the limit of quantification (LOQ); 0.104 µg/kg for AFB₁; 0.079 µg/kg for AFB₂, 0.202 µg/kg for AFG₁, 0.124 µg/kg for AFG₂ and 0.166 µg/kg for OTA*

(^e) *Average concentration of positive samples*

(^f) *Min. and max. values of positive samples*

Çizelge 5. Buğday unu örneklerinde AFs ve OTA dağılımı

Table 5. Distribution of AFs and OTA in wheat flour samples

Mikotoksin <i>Mycotoxin</i>	Örneklerin mikotoksin dağılımı n (%) <i>Samples' distribution of mycotoxin n</i>				
	<LOD ^a	LOD-LOQ ^b	LOQ-Limit ^c	Limit-RASFF ^e	>RASFF ^e
AFB ₁	16 (55.2)	-	13 (44.8)	-	-
AFB ₂	14 (48.3)	11 (37.9)	4 (13.8) ^d	-	-
AFG ₁	15 (51.7)	6 (20.7)	8 (27.6) ^d	-	-
AFG ₂	22 (75.9)	7 (24.1)	-	-	-
OTA	5 (17.2)	-	19 (65.6)	2 (6.9)	3 (10.3)

(^{a, b}) Mikotoksinlerin LOD ve LOQ değerleri Çizelge 2'de verilmiştir

(^c) Avrupa Komisyonu (EC, 2006) ve TGK "Bulaşanlar Yönetmeliği"ne (Anonim, 2011) göre, tahıl ve tahıl ürünlerinde AFB₁ maksimum limit değeri 2 µg/kg olduğu bildirilmiştir. Yönetmelikte, OTA maksimum limit değerinin işlenmemiş tahıllarda 5 µg/kg, işlenmiş tahıl ve tahıl ürünlerinde ise 3 µg/kg olduğu bildirilmiştir.

(^d) Yasal düzenlemeler ile AFB₂ ve AFG₁ için maksimum limit değeri belirlenmemiştir. Dolayısıyla bu sütunda anılan mikotoksinler için >LOQ örnek sayısı verilmiştir.

(^e) RASFF sisteminde bildirim yapılan AFB₁ ve OTA mikotoksinlerinin ortalama düzeyleri Çizelge 1'de verilmiştir.

(^{a, b}) *LOD and LOQ values of mycotoxins are given in Table 2*

(^c) *According to European Commission (EC, 2006) and Turkish Food Codex (Anonymous, 2011) "Contaminants Regulation", the maximum permitted levels of AFB₁ is 2 µg/kg for all cereals and products derived from cereals, including processed cereal products. In the regulation, it is stated that the OTA maximum limit value is 5 µg/kg in unprocessed cereals and 3 µg/kg in processed cereal products and cereals intended for direct human consumption.*

(^d) *There is no set up maximum permitted levels for AFB₂ and AFG₁ by EU regulations in all cereals and products derived from cereals. Therefore, the number of samples are given as >LOQ for both mycotoxins.*

(^e) *The average levels of AFB₁ and OTA mycotoxins reported in the RASFF system are given in Table 1.*

Bakırcı (2014) çalışmasında 21'i buğday ve buğday temelli ürünler olmak üzere toplam 24 adet tahıl ürünüde yapmış olduğu aflatoksin analiz sonuçlarının, ölçüm limitlerinin altında olduğunu bildirmiştir. Bir başka çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 41 adet buğday numunesinde toplam AF düzeyi 10.4-643.5 ng/kg arasında belirlenmiştir (Giray vd., 2007). Araştırmacılar bu değerlerin Türkiye'de TAF için izin verilen limit değerinin altında olmasına rağmen, test edilen örneklerin %59'unun aflatoksin ile kontamine olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ için pozitif örnek oranı sırasıyla, %42, %12, %37 ve %12 olarak bildirilmiştir (Giray vd., 2007). ELISA yöntemi kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada, Trakya'nın 7 farklı bölgesinden toplanan 100 buğday unu numunesinin %45'inde TAF (0.05-14.01 µg/kg; ortalama: 0.79 µg/kg), %20'sinde AFB₁ (ortalama: 0.48 µg/kg) ve %81'inde OTA (2.07 µg/kg) tespit edilmiştir (Aydın vd., 2008). Bu örneklerin %2'sinde hem TAF hem de AFB₁ düzeyleri TGK ve Avrupa Komisyonu tarafından bildirilen sınır değerlerinin (sırasıyla; 4 ve 2 µg/kg) üzerinde olduğu rapor edilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde, analiz edilen örnekler arasında en yaygın mikotoksinin %82.8'lik oranla (24/29) OTA olduğu görülmektedir. Pozitif olarak nitelendirilen numunelerin OTA düzeyleri, 0.174-137.880 µg/kg aralığında tespit edilmiş, ortalama değer ise 17.785 µg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Test edilen örneklerin 19'unda, diğer bir ifadeyle %65.6'sında OTA değerleri, LOQ ile limit değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 5). Beş numunede ise, Avrupa Komisyonu (European Commission, 2006a) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymous, 2011)'ne göre işlenmemiş tahıllar için OTA en yüksek sınır değeri olan 5 µg/kg'ın üstünde saptanmıştır. Bu örneklerin %10.3'ü; on yıllık dönemde (2009-2018 yılları arasında) RASFF bildirimlerinde tespit edilen OTA düzeylerinin ortalamasından da yüksek bulunmuştur (Çizelge 5).

Karagözlü ve Karapınar (2000), aşurelik buğday, mısır, mısır unu, yulaf gevreği, yulaf ezmesi, yulaf unu ve müsli den oluşan toplam 100 adet gıda örneğinde OTA taraması yapmış ve analiz edilen

örneklerin %4'ünde OTA (0.27-9.84 µg/kg arasında) belirlemişlerdir. Trakya bölgesinde yapılan bir çalışmada, toplanan 100 buğday unu numunesinin %28'inde OTA'nın izin verilen limit değerinden yüksek bulunduğu rapor edilmiştir (Aydın vd., 2008). Ancak çalışmada her ne kadar buğday unu ile çalışıldığı bildirilmiş olsa da, elde edilen bulgular Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde işlenmemiş tahıllar için belirtilen üst limit değeri (5 µg/kg) ile değil; işlenmiş tahıl ve tahıl ürünleri için verilen üst limit değeri (3 µg/kg) ile kıyaslanmıştır. Dolayısıyla, çalışmada bildirilen yaklaşık üç buğday unu örneğinden birinde OTA varlığının tespit edilmiş olması bu duruma bağlı olabilir. Bir diğer çalışmada, analiz edilen 25 adet mısır ve mısır bazlı ürünlerde 17.79-126.2 µg/kg düzeyinde, 34 adet buğday ve buğday temelli ürünlerde ise, 2.02-3.56 µg/kg düzeyinde OTA tespit edilmiştir (Bakırcı, 2014). Çalışmada tahıl ve tahıl bazlı ürünlerin %6'sında OTA tespit edilirken, toplam analizi yapılan 67 örneğin %3'ünün Türk Gıda Kodeksi'ne göre belirlenen kabul edilebilir sınırların üstünde olduğu rapor edilmiştir.

Literatür incelendiğinde, ülkemizde tahıl ve fırıncılık ürünlerinde OTA'nın hem sağlık açısından hem de ticari olarak önemli bir problem olduğu açıkça görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler, geçmiş yıllardan günümüze OTA kaynaklı bu problemin süregeldiğini açıkça ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Araştırmanın ilk aşamasında tahıl ve fırıncılık ürünlerinde mikotoksin riski hakkında genel bir durum değerlendirmesi yapmak amacıyla, 2009-2018 yıllarını kapsayan dönemde RASFF sistemine üye tüm ülkelerden gelen bildirimler dikkate alınarak, yıllara göre aflatoksin ve OTA düzeyleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, yıllar içerisinde bildirim yapılan AFB₁, TAF ve OTA düzeyleri her ne kadar farklılık göstermiş olsa da, son yıllarda bu mikotoksinlerin tahıl ve fırıncılık ürünleri için hâlâ yüksek bir risk teşkil ettiği açıkça görülmektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, Hatay İli merkez (Antakya) ve çevre ilçelerde bulunan değirmen ve

un fabrikalarından toplanan buğdaylarda aflatoksin ve OTA varlığı araştırılmış, bulgular hem yasal sınırlamalar ile hem de RASFF bildirimlerinde tespit edilen düzeyler ile kıyaslanmıştır. Analiz edilen 29 buğday numunesinde AFB₁ değerlerinin; Avrupa Komisyonu (European Commission, 2006a) ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne (Anonymous, 2011) göre, tahıl ve tahıllardan üretilmiş ürünlerdeki maksimum limit değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu buğday numunelerinin 5'inde ise, OTA düzeylerinin yukarıda anılan her iki yönetmelik tarafından bildirilen maksimum limit değerini (5 µg/kg) aştığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular 2009-2018 yılları arasında tahıl ve fırıncılık ürünlerinde yapılan RASFF bildirimlerinde tespit edilen OTA düzeylerinin maksimum değerlerinin ortalaması (80.73 µg/kg) ile kıyaslandığında 3 buğday örneğinde (%10.3) bu değer üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Özetle, araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, buğday numunelerinde OTA'nın primer olarak sağlık açısından dahası ticari olarak önemli bir problem olduğu açıkça görülmektedir.

Fırıncılık ürünlerinde OTA tespitinin en önemli nedenlerinden biri, hammadde olarak kullanılan tahılların bu mikotoksin ile bulaşı halinde olmasıdır. Fırıncılık ürünlerinin pişirilmesi esnasında OTA düzeyinin sadece beşte bir oranında azaldığı, bir diğer ifadeyle, bu mikotoksinin son üründe dikkate değer bir düzeyde kaldığı göz önünde bulundurulursa, tarladan-sofraya tahılların muhafaza koşullarının iyileştirilmesi ve gerekli denetimlerin artırılması önem arz etmektedir. Ayrıca, konuyla ilgili üreticiler, tahıl işletmeleri ve tüketici farkındalığını arttırmaya yönelik çalışmalar yürütülmelidir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKILARI

AS, makalenin metodoloji, biçimsel analiz, yazma–orijinal taslak ve görselleştirmesine katkı sunmuştur. MTM, kavramsallaştırma, metodoloji, biçimsel analiz, yazma–orijinal taslak, yazma–inceleme ve düzenleme, görselleştirme ve

danışman olarak katkı sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okudu ve onayladı.

KAYNAKLAR

Amirahmadi, M., Shoeibi, S., Rastegar, H., Elmi, M., Mousavi Khaneghah, A. (2017). Simultaneous analysis of mycotoxins in corn flour using LC/MS-MS combined with a modified QuEChERS procedure. *Toxin Reviews*, 1-9.

Anonymous (2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı Resmî Gazete, Ankara.

Anonymous (2007). The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) Annual Report 2007. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff_annual_report_2007_en.pdf, (Accessed: 06 May 2019).

AOAC (2016). AOAC (999.07). Official Methods of Analysis AOAC INTERNATIONAL. 20th Edition, Washington DC.

Aydın, A., Gunsen, U., Demirel, S. (2008). Total Aflatoxin, Aflatoxin B₁ and Ochratoxin A levels in Turkish Wheat Flour. *J Food Drug Anal*, 16(2): 48-53.

Bakırcı, G.T. (2014). Tahıl ve Tahıl Ürünlerinin Aflatoksin, Okratoksin A, Zearalenon, Fumonisin ve Deoksinivalenol Mikotoksinleri Yönünden İncelenmesi. *Akademik Gıda*, 12 (2): 46-56.

Bushby, W.F., Wogan, G.N. (1979). Food-borne mycotoxins and alimentary mycotoxicoses. In: *Food-borne infections and intoxication*, Riemann, H., Bryan, F.L. (chief ed.), Academic Press, New York, pp. 519-610.

Duarte, S.C., Pena, A., Lino, C.M. (2010). A review on ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products. *Food Microbiol*, 27: 187-198.

European Commission (2002). Commission regulation (EC) No 657/2002 of 17 August 2002 council directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results. *Official Journal of the European Communities*, L 221, 8-36.

- European Commission (2006a). Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 364, 5-23.
- European Commission (2006b). Commission regulation (EC) No 401/2006 of 23 February 2006 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 70, 12-34.
- Giray, B., Girgin, G., Engin, A.B., Aydın, S., Sahin, G. (2007). Aflatoxin levels in wheat samples consumed in some regions of Turkey. *Food Control*, 18: 23-29.
- Hendrickse, R.G. (1997). Of sick turkeys, kwashiorkor, malaria, prenatal mortality, heroin addicts and food poisoning: research on the influence of aflatoxins on child health in the tropics. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 91: 787-793.
- Kabak, B. (2012). Determination of aflatoxins and ochratoxin A in retail cereal products from Turkey by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Food Control*, 28: 1-6.
- Karagözü, N., Karapınar, M. (2000). Bazı Tahıl ve Ürünlerinde Okratoksin-A ve Fungal Kontaminasyon. *Türk J Biol*, 24, 561–572.
- Lee, H.J., Ryu, D. (2017). Worldwide occurrence of mycotoxins in cereals and cereal derived food products: Public health perspectives of their co-occurrence. *J Agric Food Chem*, 65(33): 7034-7051.
- Marin, S., Ramos, A.J., Cano-Sancho, G., Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food Chem Toxicol*, 60: 218-237.
- Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C., Bryant, C.M. (2006). Food mycotoxins: an update. *J Food Sci*, 71(5): 51-65.
- RASFF Portal (2019). The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) Portal Search Page. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/> (Accessed: 06 May 2019).
- R-Biopharm (2015). *Ochraprep application methods. Art. No A20P14.V9*. Glasgow, Scotland, UK: R-Biopharm Rhone Ltd.
- Sağlam, A., Masatcioğlu, M.T. (2020). Avrupa Birliği ve Türkiye kaynaklı gıdalarda 2009–2018 yılları arasında RASFF bildirimleri. *GIDA* (2020) 45(4) 623-634 doi: 10.15237/gida.GD20051.



**IMMEDIATE EFFECT OF DIFFERENT PASTEURIZATION TEMPERATURES
(50°C and 70°C) ON THE QUALITY PARAMETERS OF SHRIMP
(*Parapenaeus longirostris*)**

Didem Üçok Alakavuk*, Şehnaz Yasemin Tosun, İdil Can Tunçelli

Istanbul University, Department of Fisheries and Seafood Processing Technology, Istanbul, Turkey

Received/ Geliş: 30.06.2021; Accepted/ Kabul: 12.08.2021; Published online/ Online baskı: 13.09.2021

Üçok-Alakavuk, D. Tosun, Ş.Y., Can-Tunçelli, İ. (2021). Immediate effect of different pasteurization temperatures (50°C and 70°C) on the quality parameters of shrimp (*Parapenaeus longirostris*). GIDA (2021) 46 (5) 1205-1217 doi: 10.15237/gida.GD21103

Üçok-Alakavuk, D. Tosun, Ş.Y., Can-Tunçelli, İ. (2021). Farklı pastörizasyon sıcaklıklarının (50°C ve 70°C) karidesin (*Parapenaeus longirostris*) kalite parametreleri üzerindeki ani etkisi. GIDA (2021) 46 (5) 1205-1217 doi: 10.15237/gida.GD21103

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of two different pasteurization temperature (50°C and 70°C) on the basic quality parameters of shrimp (*Parapenaeus longirostris*). Physical, chemical, microbiological and sensory quality parameters were investigated to determine how the shrimps were affected after pasteurization. The cook loss, protein and fat percentage of shrimps significantly ($P < 0.05$) increased with increasing temperature. No significant difference was found in terms of chemical parameters (TVB-N, TMA-N, TBARs) in both degrees of pasteurization. Based on microbiological analysis results, a significant ($P < 0.05$) decrease was observed in the microbial load due to the increase in the pasteurization temperature. According to the results of sensory analysis, and color measurement no significant difference ($P > 0.05$) was detected in pasteurization applications at 50°C and 70°C. As a result, it has been observed that the pasteurization application at 70°C generally makes a difference in all the parameters examined.

Keywords: Shrimp, pasteurization, temperature, quality

**FARKLI PASTÖRİZASYON SICAKLIKLARININ (50°C ve 70°C) KARİDESİN
(*Parapenaeus longirostris*) KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ANİ
ETKİSİ**

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, iki farklı pastörizasyon sıcaklığının (50°C ve 70°C) karidesin (*Parapenaeus longirostris*) temel kalite parametreleri üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Karideslerin pastörizasyon işlemi sonrasında nasıl etkilendiğini belirlemek için fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite parametreleri araştırılmıştır. Pastörizasyon sonrasında artan sıcaklık ile birlikte karideslerin, pişirme kaybı, protein ve yağ yüzdesi önemli ölçüde ($P < 0.05$) artmıştır. Her iki pastörizasyon derecesinde kimyasal parametreler (TVB-N, TMA-N, TBARs) açısından gruplar arasında önemli bir fark ($P > 0.05$) bulunmamıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre pastörizasyon sıcaklığındaki artışa bağlı olarak

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: ducok@istanbul.edu.tr

☎ (+90) 212 455 5700-16490

☎ (+90) 212 514 0379

Didem Üçok Alakavuk; ORCID no: 0000-0003-0162-4731

Şehnaz Yasemin Tosun; ORCID no: 0000-0003-3764-0020

İdil Can Tunçelli; ORCID no: 0000-0002-9999-6658

mikrobiyel yükte önemli ($P < 0.05$) bir azalma gözlenmiştir. Duyusal analiz ve renk ölçümü sonuçlarına göre 50°C ve 70°C' deki pastörizasyon uygulamalarında önemli bir fark ($P > 0.05$) görülmemiştir. Sonuç olarak, 70°C'deki pastörizasyon uygulamasının incelenen tüm parametrelerde genellikle fark yarattığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Karides, pastörizasyon, sıcaklık, kalite

INTRODUCTION

Shrimp is among the most popular seafood consumed around the world. They, which are very economical and commercial, have indisputable importance in human nutrition due to their biochemical composition. Shrimp meat is an excellent source of selenium, calcium, phosphorus, potassium, sodium and unsaturated fatty acid with a high protein content. They are also highly digestible seafood, and very rich in B₁₂ (Dayal et al., 2013). However, shrimp, which is in the high-risk food category, can pose a risk for foodborne illnesses when it is subjected to inadequate cooking or if it is not properly handled as in all other seafood (Wang et al., 2018). They are highly perishable seafood. They have a short shelf life if unless appropriately stored (Na et al., 2018), because microbiological and biochemical activities continue during storage. Bacteriological and endogenous enzymatic activities are responsible for quality deterioration (Begum et al., 2012). Therefore, various processing technologies are applied to slow or stop these activities that cause the shrimps to deteriorate. With the processing of such a valuable food, a more attractive product is offered to the consumer, and its quality can be preserved for longer periods of time (Salán et al., 2008).

Pasteurization, which is a widely used food processing method in the world, is used for the preservation of food. Pasteurization is a heat treatment method (usually below 100°C) used to eliminate pathogenic microorganisms found in foods, to inactivate most of the microorganisms and enzymes that cause spoilage (Çoksöyler and Avşaroğlu, 2011; Wang et al., 2018). Thus, the desired sensory properties are preserved and a more stable product is obtained by inactivation of microorganisms and enzymes (Skipnes et al., 2002). However, the time and temperature of the heat treatment to be applied to food should be carefully controlled (Wang et al., 2018). Heat treatment, which is one of the most reliable

methods used in ensuring food safety and extending shelf life, can cause undesirable changes in the quality properties of foods, especially when applied at high temperatures (Wang et al., 2018). Although heat treatment applications delay spoilage and extend the shelf life compared to raw products, they may have positive or negative effects on the sensory, physical, microbiological and chemical properties of the food (Delfieh et al., 2013). Several studies have reported the effects of the different thermal process on some quality properties of shrimp. Erdoğan and Balaban (2000) reported that heat treatment significantly affected the sensory and textural properties of shrimps. In another study, Erdoğan et al. (2004) found that increasing the internal temperature applied to shrimp causes higher yield losses. Wang et al. (2018) reported that the cook loss, area shrinkage, hardness and overall color change of shrimp was affected by the increase in cooking time and temperature. The aim of this study was to evaluate the effect of two different pasteurization temperature (50°C and 70°C) on the basic quality parameters of shrimp.

MATERIALS AND METHODS

Raw Material Preparation

The shrimps (*Parapenaeus longirostris*) was obtained from the retail fish market in Karaköy, Istanbul. Shrimps were transferred to the laboratory in chilled polystyrene boxes within 30 minutes. The average length and weight of the shrimps were 14.91 ± 1.69 cm and 8.38 ± 3.07 g. Shrimps' head, tail, legs and shell were removed by hand, and washed with tap water in a large plastic bowl and blotted dry with paper towels. Raw shrimp's analysis was done immediately.

Shrimp Packaging and Pasteurization Process

Twenty shrimps were placed in thermostable polyethylene-polyamide pouch (O_2 permeability of $160 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ per 24 h at 23C, 0% RH and water vapor permeability of $8.5 \text{ g}/\text{m}^2$ per 24 h at 38C,

90% RH). The packages were heat sealed under atmospheric air. Packages were pasteurized by using water bath (DAIHAN WCB-22). The cool pasteurization process lasted 17 minutes, where, six packages were immersed in a water bath. The shrimp's internal temperature reached 50°C in 7 minutes. Similarly, six packages were placed in water bath for heat pasteurization process (70°C) and continued for 20 min. The shrimp internal temperature reached 70°C in 10 minutes. Shrimp internal temperature was monitored using a digital thermocouple (Testo 926). Thermocouple was placed at the second segments of shrimps in pack during cooking process. After the pasteurization process the packages were cooled at room temperature for 30 minutes.

Cook Loss Determination

Raw shrimps were weighed and noted before each pasteurization process (50°C and 70°C). After pasteurization, shrimp meat was placed on filter paper to drain the surface water. Then they were gently covered with another filter paper and weighted after this process. Cook loss was calculated as follows:

$$\text{Cook loss (\%)} = \left(\frac{W_r - W_p}{W_r} \right) \times 100$$

where “ W_r ” is the weight of raw samples and “ W_p ” is the weight of pasteurize samples (Wang et al., 2018).

Proximate Analyses

The shrimp samples were analyzed in triplicate for determination of the proximate composition: the fat content of shrimp was determined by the acid hydrolysis method of the AOAC (1998a), the moisture content by the method of AOAC (1998b) the ash content by the AOAC (1998c) method and total crude protein by the Kjeldhal method (AOAC, 1998d).

Microbiological Analyses

Ten-gram shrimp samples were transferred aseptically to sterile stomacher bag containing 90 mL of 0.1% peptone water (0.1% peptone from meat) (Merck) and homogenized in stomacher (IUL Instrument). Appropriate serial dilutions (1:10 diluent, 0.1% peptone water) were prepared from this homogenized sample. Total mesophilic (TMAB) and total psychrophilic aerobic bacteria

(TPAB) were determined using plate count agar (PCA, Merck) (by the pour plate method). The plates were incubated for 24–48 h at 37°C for total mesophilic aerobic bacteria counts and for 10 days at 7°C for psychrophilic counts (Baumgart, 1986). Number of *Pseudomonas* spp. was determined using Pseudomonas selective agar (Merck) with added CFC supplement (Merck) and incubated at 25 °C for 44±4 h (Martínez-Alvarez et al., 2009). Lactic acid bacteria (LAB) count was determined using MRS Agar (Merck) by the pour plate method which incubated at microaerobic conditions at 30°C for 48 h (Cosansu et al., 2011a). For the detection of *Bacillus cereus*, Mannitol-egg Yolk-Polymyxin Agar (MYP Agar, HI-MEDIA, Kat No: M636) was used. At the end of incubation (48 hours at 28°C), colonies with pink-violet centers were counted as *B. cereus* (Rhodehamel and Harmon, 2001; Halkman, 2005)

Physicochemical Analyses

All chemical analyses were performed in triplicate. For the pH measurement, homogenized shrimp samples were mixed thoroughly with distilled water (1/10 w/v) at room temperature with Ultra-Turrax (IKA T 25 Basic, Germany). pH was monitored using a calibrated WTW pH Meter (InoLab pH Level 1 model, Weilheim, Germany) (Vyncke, 1981). For the Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) analysis, 10 grams of minced shrimp was homogenized with 90 mL perchloric acid (6%)(Merck) for 1 min in an Ultra-Turrax. The homogenates were filtered through a Whatman no. 1 filter paper. Before distillation, 20% sodium hydroxide (NaOH, Merck) were added to the filtrates and distillation process was carried with Velp UDK 140 model (Milano, Italy) apparatus. The final distillate was then titrated with 0.01 N hydrochloric acid (HCl Merck). The results were expressed as milligrams of TVB-N per 100 grams of shrimp flesh (Antonacopoulos and Vyncke, 1989). For the estimation of Trimethylamine nitrogen (TMA-N) content of shrimps, 10 g samples were homogenized with 90 mL 10% trichloroacetic acid (TCA) (Merck) solution and homogenates were filtered by filter paper (Whatman No: 1). After filtration, 4 mL of filtrate was shaken in a tube with 10 mL of

toluene, 1 mL of 20% formaldehyde (Merck) and 3 mL of 50% potassium hydroxide (Carlo Erba). Subsequent to this, 5 mL of upper layer of the mix was separated and mixed with 5 mL of 0.2% picric acid for spectrophotometer measurement (UV/VIS T80, PG Instruments Ltd) at 410 nm. The TMA-N values were calculated from the standard curve and expressed as mg/100g samples (Schormüller 1968). The thiobarbituric acid value (TBA) was determined by the modified method of Erkan and Özden (2008). Ten gram homogenized shrimp sample was weighed into a volumetric flask. Ninety milliliters of 5% TCA (Merck) solution and 100 µL butylated hydroxytoluene (SIGMA) was added and in an Ultra-Turrax, homogenized at high speed for two minutes. The mixture was filtered through a Whatman No. 1 filter paper. Five milliliters of filtrate was transferred into test tubes and 5 mL of TBA reagent (0.02 M of the solution of 2-thiobarbituric acid (Merck) in 10% acetic acid, Merck) was added. The test tubes were placed in a water bath at 80 °C for 30 min, then cooled. Absorbance was measured at 532 nm against blank with a UV-VIS spectrophotometer. The thiobarbituric acid values were expressed as mg of malondialdehyde (MDA)/kg of shrimp sample.

Sensory Analysis

Sensory analysis of pasteurized shrimp at 50 and 70°C was carried out in duplicate with 10 trained panelists using a 9-point hedonic scale. Panelists have been working at Istanbul University Faculty of Aquatic Sciences and have been doing sensory analysis for 10 years. Pasteurization process was carried out as described in the method. The sample groups were coded in 3-digit numbers before being presented to the panelists. The sample groups were served to the panelists on a white porcelain plate at room temperature. The analysed characteristics were: Liking of Appearance (1 = Extremely dislike, 9 = Extremely like), Liking of Texture (1 = Extremely dislike, 9 = Extremely like), Liking of Flavour (1 = Extremely dislike, 9 = Extremely like), Juiciness (1 = Very dry, 9 = Very juicy), Tenderness (1 = Extremely tough, 9 = Extremely tender), Off-flavour (1 = Imperceptible, 9 = Extremely pronounced) and Overall sensory acceptability

(OSA) (1 = Extremely dislike, 9 = Extremely like) (O'Neill et al., 2019).

Color Measurement

In this study, shrimp meat color parameter values (L*: (Lightness/brightness), a*: (+ a, redness; -a, greenness) and b*: (+ b, yellowness; -b, blueness) was measured by a Konica Minolta chromometer (Konica Minolta, Model CR 400/410, Japan). Before starting measurements, the instrument was calibrated using white reference. The color values were measured from 3 different regions of 3 different shrimp.

Statistical Analysis

The study was repeated twice. Statistical analyses were performed using IBM SPSS 21 software (SPSS Inc.; Chicago, IL, USA) program. One-way analysis of variance (ANOVA) was applied to the results obtained from proximate composition, microbiological analysis, physicochemical analysis and color measurement. Results obtained from the sensory analysis of pasteurized shrimps were compared with t-test. Data are presented as means±standard deviations. Differences were accepted as significant when $P < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the cooking loss in pasteurized shrimps at 50°C and 70°C were found 9.90 % and 28.76 %, respectively. The cook loss of shrimps significantly ($P < 0.05$) increased with rising temperature, in agreement with data reported by Cao et al., (2016) and Wang et al. (2018). Lekjing et al. (2017) reported that in pasteurized oysters at different temperatures (from 57.5°C to 70°C), the cook loss increased with the increase in temperature. Cook loss increases with temperature and water holding capacity of food decreases. The water holding capacity of muscle tissue is associated with the degree of heat denaturation of myofibrillar proteins during heat treatment. As the temperature rises, structural changes occur with denaturation of myosin and actin. This causes the sarcoplasmic fluid to expel from the muscle fibers (Li et al., 2013; Lekjing et al., 2017).

Proximate composition of raw and pasteurized shrimps is shown in Table 1. The proximate composition of raw shrimp was 79.63 % moisture, 22.39 % protein, 0.99 % fat, and 1.61 % ash. Our results are similar to the results of other studies with *Parapenaeus longirostris* (López-Caballero et al., 2007; Oksuz et al., 2009). The proximate composition of shrimp may vary depending on the species, size, catching season, feeding, age, sexual variation (Nageswararao and Babu, 2019). As would be expected, the moisture percentage of shrimp significantly ($P < 0.05$) decreased after both pasteurization process (50°C and 70°C) (Table 1). This decrease in moisture content may be due to the decrease in water-holding capacity of muscle proteins due to temperature rises (Mohan et al., 2017). In another study, Delfieh et al. (2013) investigated effects of different cooking methods on proximate composition of Indian White Prawn. They reported that different temperature treatments can evaporate muscle water at different levels. The protein percentage of shrimp significantly increased ($P < 0.05$) after pasteurization at 70°C compared raw and processed at 50°C. Mol et al.

(2012) reported that the protein percentage of bonito fillets significantly increased ($P < 0.05$) proportionally after sous vide process (at 70°C) due to loss of water from fish tissue. Similarly, Andrés-Bello et al. (2009) reported that the protein percentage of sea bream fillets significantly increased ($P < 0.05$) after vacuum cooking (cook vide) process (at 70-100°C) due to reduced moisture contents in products after cooking. In this study, the fat percentage of shrimp significantly increased ($P < 0.05$) after both pasteurization (50°C and 70°C) process. In another study, Zhang et al. (2013) stated that increase of protein, fat and ash concentration in the fish samples after different cooking methods could be explained by loss of water. Mohan et al. (2006) studied the effect of heat treatment time on the quality characteristics of “shrimp kuruma” in retortable pouches and aluminum cans. In their study, the moisture percentage of shrimps was lower after thermal process while protein and fat percentage were higher as observed in our study. In the current study, no significant change ($P > 0.05$) was observed in the ash percentage of shrimps after pasteurization.

Table 1 Proximate composition, microbiological and chemical analyses results of raw and pasteurized shrimps.

Analyses		Groups		
Proximate composition results(%)		Raw Material	50°C	70°C
		Protein	22.39±0.08 ^a	22.78±0.43 ^a
Fat		0.99±0.03 ^a	1.07±0.02 ^b	1.15±0.01 ^c
Moisture		79.63±0.09 ^a	78.64±0.08 ^b	77.76±0.11 ^c
Ash		1.61±0.12 ^a	1.64±0.02 ^a	1.68±0.09 ^a
Microbiological analyses results (log cfu/g)		Raw Material	50°C	70°C
TMAB		2.84±0.12 ^a	2.16±0.13 ^b	1.91±0.14 ^c
TPAB		3.30±0.06 ^a	2.17±0.14 ^b	1.38±0.10 ^c
<i>Pseudomonas</i> spp.		2.65±0.40 ^a	2.65±0.40 ^a	<1.00 ^b
LAB		1.15±0.21 ^a	<1.00 ^b	<1.00 ^b
Chemical analyses results		Raw Material	50°C	70°C
pH		7.10±0.00 ^a	7.18±0.01 ^b	7.23±0.00 ^c
TVB-N (mg/100g)		9.32±0.14 ^a	9.45±0.23 ^a	8.62±0.71 ^a
TMA-N (mg/100g)		1.08±0.05 ^a	0.96±0.02 ^b	0.99±0.03 ^b
TBARs (mg MDA/kg)		0.18±0.00 ^a	0.17±0.00 ^{ab}	0.15±0.01 ^b

a-c: Different letters in the same row show significant differences ($P < 0.05$)

±: Standard deviation.

Changes in microbiological load before and after pasteurization were shown in Table 1. The total viable count is used very often as an indicator to determine the microbiological quality in foods (Rezaeifer et al., 2020). In this study, the initial total mesophilic and psychrophilic aerobic bacteria count in raw material were 2.84 ± 0.12 and 3.30 ± 0.06 log cfu/g, respectively. Freshly captured shrimps with a total bacterial load 2 and 3 log indicate high quality (López-Caballero et al., 2019). In the current study, the total mesophilic bacteria count significantly ($P < 0.05$) decreased in both group (50°C and 70°C) compared to raw shrimp after pasteurization. There is significant difference ($P < 0.05$) between the groups (50°C and 70°C). Similar the total mesophilic bacteria count results, the total psychrophilic bacteria count significantly ($P < 0.05$) decreased in both group (50°C and 70°C) compared to raw shrimp after pasteurization. However, the total psychrophilic bacteria load of the pasteurized shrimps at 70°C was significantly lower ($P < 0.05$) than the pasteurized shrimps at 50°C. Many researchers observed that various heat treatment application in different kind of seafood are effective in reducing total bacterial load (Martinez-Alvarez, et al., 2009; Mol et al., 2012; Cosansu et al., 2011b; Dogruyol and Mol, 2017). Mohan et al. (2017) reported that sous-vide cooking reduced total mesophilic count by 3 log. The decrease in total mesophilic count resulting from sous-vide cooking is due to the change in the permeability of the cell wall of microorganisms and protein denaturation (Mohan et al., 2017). *Pseudomonas* spp. are psychotropic spoilage microorganisms responsible for chilled food spoilage (Raposo et al., 2017). In this study, the initial *Pseudomonas* spp. count of the raw shrimp was 2.65 ± 0.40 log cfu/g. Na et al. (2018) reported similar *Pseudomonas* spp. count for pacific white shrimp was 2.80 log cfu/g. No change in the number of *Pseudomonas* spp. was observed after pasteurization at 50°C. On the other hand, *Pseudomonas* spp. was not determined after pasteurization at 70°C. In a study investigating the microbiological quality of sous-vide fish cakes, pseudomonas load in raw fish was 2.08 log cfu/g, whereas pseudomonas was not detected in the samples after 20 minutes of sous-

vide cooking at 100°C (Shakila et al., 2009). In another study, Martínez-Alvarez et al. (2009) reported *Pseudomonas* spp. count of raw shrimp was below (< 2 log cfu/g) after different cooking treatment (cooking in a steam-oven, boiled in a water bath traditionally and vacuum packed shrimp immersed in a boiled water -at 100°C for 2 min-). In this study, the initial lactic acid bacteria load of the raw shrimp was 1.15 ± 0.21 log cfu/g. It can be suggested that pasteurization process eliminated total lactic acid bacteria in shrimps. Our results are in agreement with those reported by Gonzalez-Fandos et al. (2004) who studied evaluation of microbiological and sensory quality of rainbow trout after sous vide process. They observed that after sous vide process the load of lactic acid bacteria decreased below the detectable limit (< 1 log cfu/g). In another study, Martínez-Alvarez et al. (2009) reported that cooking treatment is very effective in eliminating the microflora of the raw deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*). Similar to our study results, they found that lactic acid bacteria count of raw shrimp was below detection limit (< 1 log cfu/g) after cooking different treatment. *Bacillus cereus* is gram-positive pathogenic bacterium with heat resistant spores and especially a risk factor in mild heat treated food (Webb et al., 2019). *Bacillus cereus* was not detected in raw and all pasteurized shrimps in our study. Similarly, Gonzalez-Fandos et al. (2004) and Cosansu et al. (2013), did not detect *Bacillus cereus* in the fish samples they examined in their studies.

pH is one of the simple and trustworthy freshness indicators (Cheng et al., 2015). The change in pH of fish muscle is usually a good index for quality evaluation (Rathod and Pagarkar, 2013). As shown in Table 1 the initial pH of the fresh shrimp was 7.10 ± 0.00 , which was similar to the value of 7.04 reported by Mu et al. (2012). After pasteurization, the pH value of the shrimps increased significantly ($P < 0.05$). The pH value of pasteurized shrimps at 70°C was significantly higher ($P < 0.05$) than that of at 50°C pasteurized shrimps. The results of in this study are in agreement with the results Mohan et al. (2017) who reported that pH value of fresh Indian white shrimp increased after sous vide process.

Similarly, the results of this study are in accordance with several previous studies investigating sous-vide treatment of mackerel (Dogruyol and Mol, 2017; Cropotova et al., 2019) and cooking treatment of deep water pink shrimp (Martínez-Alvarez et al., 2009).

Total volatile basic nitrogen, which is used as a standard indicator for spoilage in fish, formed of ammonia, methylamine, dimethylamine, and other volatile amines (Cao et al., 2016). It is the most sensitive index especially in the evaluation of shrimp freshness (Fang et al., 2019). The European Commission (EC) advised that TVB-N be used for the evaluation of fish freshness when sensory assessment is inadequate. Critical limits of 25, 30 and 35 mg TVB-N/100 g were widely accepted for different groups of fish species (Tolasa et al., 2012). In many literature, the TVB-N limit value of acceptable for shrimp is shown as 30 mg/100 g (Shi et al., 2019; Yu et al., 2019; Alparslan et al., 2019) In this study, initial TVB-N value of raw shrimp samples was 9.32 ± 0.14 mg/100g (Table 1), which was lower than the initial values reported by Alparslan and Baygar, (2017) in deep water pink shrimp (17.32 mg/100g) and by Dabadé et al. (2020) in tropical brackish water shrimp (28.9 mg/100 g). The TVB-N value in fish may vary depending on the species, size, catch season, feeding type, age, sex and microbial activity (Dabadé et al., 2020). After the pasteurization, the TVB-N value of pasteurized shrimps at 50°C and 70°C were 9.45 ± 0.23 and 8.62 ± 0.71 mg/100g, respectively. Similarly, Cosansu et al., (2011b), reported that no significant decrease in TVB-N value of bonito samples after sous vide process (70°C, 10 min) as observed in our study. Similar to our results, Martínez-Alvarez et al. (2009) reported that no significant change was observed in TVB-N values before and after shrimps were cooked different styles (cooking in a steam-oven and boiled in a water bath traditionally). This was linked to the leached nitrogen volatile compounds out of the muscles during cooking. The expected significant reduction of TVB-N was not observed due to short boiling time. In another study, Bongiorno et al. (2018) examined the chemical, microbiological and sensory quality of mussels processed by

different sous vide methods during cold storage. They observed that the TVB-N value of mussel samples did not significantly decrease after sous vide cook-chill without vacuum conditions.

The most common chemical method used to assess the quality of fish is the measurement of TMA, a volatile basic compound found at very low levels in fresh fish but which accumulates in altered sea fish as a result of trimethylaminoxid reduction by bacteria. This means that the determination of the TMA does not give any information on the initial autolytic changes or on the freshness, but only on the transformations due to bacteria which occur much later and on the degree of alteration (Huss, 1988). In the current study, TMA-N value of fresh shrimp was determined as 1.08 ± 0.05 mg/100g (Table 1). Similar TMA result (0.97 mg/100g) was determined for pink shrimp by Alparslan et al. (2017). After the pasteurization, the TMA-N value of the shrimps slightly decreased in both group compared to raw shrimp. However, this decrease was found to be statistically significant ($P < 0.05$). No significant difference ($P > 0.05$) was observed between the pasteurization groups (50-70°C) (Table 1). Cosansu et al. (2011b) observed that slight decrease in TMA value of bonito fish after sous-vide process (at 70°C, for 10 min) as observed our study. In another study, Dogruyol and Mol, (2017) determined that the TMA value of mackerel samples slightly decreased after sous-vide process.

Lipid oxidation is very important indicator of quality deterioration, especially in seafood that contains highly unsaturated fats (Hultin, 1994). As seen in Table 1, the initial TBARs value of the fresh shrimp was 0.18 ± 0.00 mg MDA/kg, which was similar to the value of 0.17 mg MDA/kg reported by Alparslan et al. (2019) for deep water pink shrimp. After the pasteurization, the TBA value of pasteurized shrimps was at 50°C and 70°C were 0.17 ± 0.00 and 0.15 ± 0.00 mg MDA/kg, respectively. No significant difference ($P > 0.05$) was observed between the pasteurization groups (50-70°C). Although there was a slight decrease in TBA values of shrimps after pasteurization at 70°C, this was found to be

statistically significant ($P < 0.05$) than raw shrimp. Orlando et al. (2020) studied the effect of different cooking processes (convection-oven, steam-oven and sous-vide accomplished in oven) on antioxidant compounds levels and oxidative status of Atlantic salmon fillets. Similar to our study results, they observed that the TBARs value of the all cooked salmon samples significantly lower ($P < 0.05$) than that of the raw samples. They stated that this decrease in TBARs value might be due to the loss of secondary oxidation products during heat treatment.

The sensory analysis results are shown in Table 2. As a result of the sensory evaluation of the pasteurized shrimp at two different degrees, the panelists did not find a significant difference ($P > 0.05$) in all parameters between the two groups. This indicates two degrees of pasteurizing are acceptable to the consumers. As in our study, Gundavarapu et al. (1998) did not find any difference between the groups in the shrimp that they cooked at different strengths in the microwave oven.

Table 2 Sensory analysis results of pasteurized shrimps.

	Apperance	Texture	Flavour	Juiciness	Tenderness	Overall Sensory Acceptibility
50°C	7.07±1.48 ^a	6.85±1.57 ^a	5.51±2.29 ^a	6.42±2.07 ^a	5.57±1.61 ^a	6.21±1.62 ^a
70°C	6.05±1.68 ^a	5.71±2.05 ^a	6.42±1.81 ^a	4.28±2.21 ^a	7.14±1.57 ^a	6.00±1.73 ^a

^a: Different letters in the same column show significant differences ($P < 0.05$)

±: Standard deviation

Color is one of the most important factors in evaluating the appearance of the food in consumer preference (Çelik and Çakmakçı, 2020). The results of color parameter measurements of the raw and pasteurized shrimps are illustrated in Table 3. In this study, the lightness (L^*) value of shrimp samples increased due to the increase in heat treatment temperature. However, this increase was found to be statistically insignificant ($P > 0.05$). Similarly, Cadun et al. (2016) reported that the L^* value of sous-vide cooking shrimp increased in parallel with the increase heating temperature and time. The main cause of whitening in certain muscles is due to denaturation of heme (myoglobin and hemoglobin) proteins. The pink or red color of

the shrimp is due to the consumption of marine plants containing the carotenoid astaxanthin. Some carotenoids are attached to proteins. Astaxanthin pigment in raw shrimp is blue and heat denatures the astaxanthin-protein complex. As a result, the visual properties of the pigment change from blue to red (Wang et al., 2018). In the current study, the highest a^* and b^* values were measured in samples that were heat treated at 70°C. Wang et al. (2018) reported that in pasteurized shrimps at different temperatures the in a^* and b^* values increased with the increase in temperature. However, in the current study, it was observed that the pasteurization process did not cause statistically significant ($P > 0.05$) changes in a^* and b^* values of shrimp samples.

Table 3 Color changes of raw and pasteurized shrimps.

	L^*	a^*	b^*
Raw Material	63.52±10.02 ^a	3.05±1.42 ^a	4.78±1.20 ^a
50°C	70.68±1.98 ^a	2.14±0.60 ^a	4.55±0.94 ^a
70°C	71.99±3.78 ^a	3.28±2.55 ^a	6.09±3.07 ^a

^a: Different letters in the same column show significant differences ($P < 0.05$)

±: Standard deviation.

CONCLUSIONS

The results obtained in the study revealed that pasteurization at 70°C generally made a difference in all parameters examined. On the other hand, pasteurization applied at 50 and 70 °C did not make any difference in the sensory properties of the shrimps. However, the fact that high temperature application gives much better microbial results has revealed that it will be preferred in terms of marketing the product. Investigating the shelf life in the next stages will be beneficial in terms of bringing pasteurized shrimp to the consumer.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest

ETHICAL STATEMENT

The authors state that no ethical approval was needed.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

DÜA, contributed to the planning and analysis of the experimental study, statistical evaluation of the data and writing of the article. ŞYT, contributed to the analysis of the experimental study, statistical evaluation of the data and writing of the article. İCT, contributed to the analysis of the experimental study.

REFERENCES

Alparslan, Y., Baygar, T., Metin C, Yapıcı, H.H., Baygar, T. (2019). The role of gelatin-based film coating combined with orange peel essential oil on the quality of refrigerated shrimp. *Act Aqua Tr*, 15 (2):197-212, doi:10.22392/actaquatr.485132

Alparslan, Y., Baygar, T. (2017). Effect of chitosan film coating combined with orange peel essential oil on the shelf life of deepwater pink shrimp. *Food Bioproc Tech*, 10:842-853, doi: 10.1007/s11947-017-1862-y.

Alparslan, Y., Metin, C., Yapıcı, H.H., Baygar, T., Günlü, A., Baygar, T. (2017). Combined effect of orange peel essential oil and gelatin coating on the quality and shelf life of shrimps. *J Food Safety Food Qual*, 68: 69-77, doi: 10.2376/0003-925X-68-69.

Andrés-Bello, A., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J. (2009). Effects of vacuum cooking

(cook-vide) on the physical-chemical properties of Sea Bream fillets (*Sparus aurata*). *J Aquat Food Prod Technol*, 18 (1-2): 79-89, doi:10.1080/10498850802581773.

Antonacopoulos, N., Vyncke, W. (1989). Determination of volatile basic nitrogen in fish. *Ztschr f Untersuch der Lebens*, 189: 309–316.

AOAC (1998a) Official Method 991.36. Fat (crude) in seafood acid hydrolysis method: Fish and other marine products. In: Cunniff, P. (Ed.), Official methods of analysis of AOAC International, Gaithersburg, Maryland USA.

AOAC (1998b). Official Method 980.46. Moisture in Meat. In: Cunniff, P. (Ed.), Official methods of analysis of AOAC International, Gaithersburg, Maryland USA.

AOAC, (1998c). Official Method 938.08. Ash of Seafood. Fish and Other Marine Products, In Cunniff, P. (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, Maryland USA.

AOAC, (1998d). Official Method 955.04. Nitrogen (total) in Seafood. Fish and Other Marine Products, In: Cunniff, P. (Ed.), Official Methods of Analysis International. Gaithersburg, Maryland USA.

Baumgart, J. (1986). Lebensmittel tierischer herkunft, feinkosterzeugnisse, gefrorene, tiefgefrorene und getrocknete lebensmittel, fertiggerichte, hitzekonservierte lebensmittel, speiseeis, zucker, kakao, zuckerwaren, rohmassen. In *Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln*. Baumgart, J., Von Jürgen Firnhaber, U.M. and Spicher, G. (eds) Behr's Verlag, Hamburg, Germany, p:207

Begum, M., Khaleque, M.A., Wahed, M.A., Hafiz, F. (2012). Quality assessment of shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*. De Man, 1879) during storage in ice. *Bangladesh J Sci Ind Res*, 47(1): 93-98, doi: 10.3329/bjsir.v47i1.10731.

Bongiorno, T., Tulli, F., Comi, G., Sensidoni, A., Andyanto, D., Iacumin, L. (2018). Sous-vide cook-chill mussel (*Mytilus galloprovincialis*): evaluation of chemical, microbiological and sensory quality during chilled storage (3°C). *LWT*

- *Food Sci Technol*, 91: 117-124, doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.005.
- Cadun, A., Çaklı, S., Dinçer, T., Sen, E.B. (2016). Influence of sous-vide cooking on physical, chemical, sensory and microbiological quality in deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *J Food Safety Food Qual*, 67:47-53, doi: 10.2376/0003-925x-67-47.
- Cao, L., Rasco, B.A., Tang, J., Niu, L., Lai, K., Fan, Y., Huang, Y. (2016). Effects of freshness on the cook loss and shrinkage of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets following pasteurization. *Int J Food Prop*, 19:2297–2306, doi: 10.1080/10942912.2015.1123271.
- Cheng, J-H., Sun, D-W., Zeng, X-A., Liu, D. (2015). Recent advances in methods and techniques for freshness quality determination and evaluation of fish and fish fillets: A Review. *Crit Rev Food Sci*, 55: 1012–1025, doi: 10.1080/10408398.2013.769934.
- Cosansu, S., Mol, S., Üçok Alakavuk, D., Özturan, S. (2011b). The effect of lemon juice on Bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) preserved by sous vide packaging. *Int J Food Sci Technol*, 46: 395-401, doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02507.x.
- Cosansu, S., Mol, S., Üçok Alakavuk, D., Özturan, S. (2013). The effect of lemon juice on shelf life of sous vide packaged Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). *Food Bioproc Tech*, 6:283–289, doi: 10.1007/s11947-011-0572-0.
- Cosansu, S., Mol, S., Üçok Alakavuk, D., Tosun, Ş.Y. (2011a). Effects of *pediococcus* spp. on the quality of vacuum-packed Horse mackerel during cold storage. *J Agric Sci*, 17:59-66.
- Cropotova, J., Mozuraityteb, R., Standal, I.B., Rustada, T. (2019). The influence of cooking parameters and chilled storage time on quality of sous-vide Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*). *J Aquat Food Prod Technol*, 28: 505-518, doi: 10.1080/10498850.2019.1604595.
- Çelik, K., Çakmakçı, S. (2020). Gıdalarda renk ve renk ölçümü. 13. Türkiye Gıda Kongresi. 21-23 Ekim 2020, Çanakkale, Türkiye, s:412.
- Çoksöyler, N., Avşaroğlu, D. (2011). Isıl işlemlerle gıdaların korunması. In: *Gıda mikrobiyolojisi*. Erkman, O. (edt), Efil Yayınevi: Ankara, pp:218.
- Dabadé, D.S., Nago, E., Adebaiyé, J.D.A., Ali, T., Azokpota, P., Hounhouigan, D.J. (2020). Effects of antimelanosis agents on quality and shelf-life of tropical Brackish Water shrimp (*Penaeus notialis*) during storage at 0°C and 7°C. *J Aquat Food Prod Technol*, 29: 132-145, doi: 10.1080/10498850.2019.1695695.
- Dayal, J.S., Ponniah, A.G., Imran Khan, H., Madhu Babu, E.P., Ambasankar, K., Kumarguru Vasagam, K.P. (2013). Shrimps – a nutritional perspective. *Curr Sci*, 104 (11): 1487-1491.
- Delfieh, P., Rezaei, M., Hosseini, H., Hosseini, S.V., Zohrehbakhsh, E., Regenstein, J.M., (2013). Effects of cooking methods on proximate composition and fatty acids profile of Indian White Prawn (*Fenneropenaeus indicus*). *J Aquat Food Prod Technol*, 22:353-360, doi: 10.1080/10498850.2011.652767.
- Dogruyol, H., Mol, S. (2017). Effect of irradiation on shelflife and microbial quality of cold-stored sous-vide Mackerel fillets. *J Food Process Preserv*, 41:e12804, doi: 10.1111/jfpp.12804.
- Erdoğan, F., Balaban, M.O., (2000). Thermal processing effects on the textural attributes of previously frozen shrimp. *J Aquat Food Prod Technol*, 9 (4): 61-84, doi: 10.1300/J030v09n04_07.
- Erdoğan, F., Balaban, M.O., Otwell, W.S., Garrido, L. (2004). Cook-related yield loss for pacific white (*Penaeus vannamei*) shrimp previously treated with phosphates: effects of shrimp size and internal temperature distribution. *J Food Eng*, 64: 297–300, doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.10.012.
- Erkan, N., Özden, Ö. (2008). Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *Int J Food Sci Technol*, 43(9):1549-1559, doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01579.x.
- Fang, Z., Zhou, L., Wang, Y., Sun, L., Gooneratne, R. (2019). Evaluation the effect of mycotoxins on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) muscle and their limited exposure dose for

- preserving the shrimp quality. *J Food Process Preserv*, 43:e13902, doi: 10.1111/jfpp.13902.
- González-Fandos, E., García-Linares, M.C., Villarino-Rodríguez, A., García-Arias, M.T., García-Fernandez, M.C. (2004). Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. *Food Microbiol*, 21: 193-201, doi: 10.1016/S0740-0020(03)00053-4.
- Gundavarapu, S., Hung, Y.C. and Reynolds, A.E. (1998). Consumer acceptance and quality of microwave-cooked shrimp. *J Food Qual*, 21: 71-84, doi:10.1111/j.1745-4557.1998.tb00504.x.
- Halkman, K. (2005). *Mikroorganizma Analizi*, Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Ankara, ISBN: 975-00373-0-8.
- Hultin, H.O. (1994). Oxidation of lipids in seafoods. In: Shahidi F, Botta JR (eds) *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality* pp:49-74 Springer, Boston, MA. doi:10.1007/978-1-4615-2181-5_5
- Huss, H.H. (1988). Le poisson frais: Qualite et alterations de la qualite. p:65, Danida/FAO:Rome ISBN: 92-5-202395-X [In French].
- Lekjing, S., Karrila, S., Siripongvutikorn S. (2017). Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in whole oysters (*Crassostrea belcheri*) and pasteurization effects on meat Quality. *J Aquat Food Prod Technol*, 26 (9): 1107–1120, doi:10.1080/10498850.2017.1376237.
- Li, C., Wang, D., Xu, W., Gao, F., Zhou, G. (2013). Effect of final cooked temperature on tenderness, protein solubility and microstructure of duck breast muscle. *LWT - Food Sci Technol*, 51:266-274, doi:10.1016/j.lwt.2012.10.003.
- López-Caballero, M.E., Martínez-Álvarez, O., Gómez-Guillén, M.C. and Montero, P. (2019). Several melanosis-inhibiting formulas to enhance the quality of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *Innov Food Sci Emerg Technol*, 51: 91-99, doi: 10.1016/j.ifset.2018.07.008.
- López-Caballero, M.E., Martínez-Álvarez, O., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P. (2007). Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with melanosis-inhibiting formulations during chilled storage. *Int J Food Sci Technol*, 42: 1029–1038, doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01328.x.
- Martínez-Alvarez, O., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P. (2009). The effect of several cooking treatments on subsequent chilled storage of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with different melanosis-inhibiting formulas. *LWT - Food Sci Technol*, 42:1335–1344, doi:10.1016/j.lwt.2009.03.025.
- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Bindu, J., Geethalakshmi, V., Srinivasa Gopal. T.K. (2006). Effect of thermal process time on quality of “Shrimp kuruma” in retortable pouches and aluminum cans. *J Food Sci*, 71 (6): 496-500, doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00099.x.
- Mohan, C.O., Ravishankar, C. N., Srinivasa Gopal, T.K. (2017). Effect of vacuum packaging and sous vide processing on the quality of Indian white shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) During Chilled Storage. *J Aquat Food Prod Technol*, 26(10): 1280-1292, doi:10.1080/10498850.2016.1236869.
- Mol, S., Özturan, S., Cosansu, S. (2012). Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged Bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) stored at 4 and 12 °C. *J Food Qual*, 35:137–143, doi: 10.1111/j.1745-4557.2011.00430.x.
- Mu, M., Chen, H., Fang, X., Mao, J., Gao, H. (2012). Effect of cinnamaldehyde on melanosis and spoilage of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. *J Sci Food Agric*, 92: 2177-2182, doi: 10.1002/jsfa.5605.
- Na, S., Kim, J-H., Jang, H-J., Park, H.J., Oh, S-W. (2018). Shelf life extension of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using chitosan and ε-polylysine during cold storage. *Int J Biol Macromol*, 115: 1103-1108, doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.04.180.
- Nageswararao, P.V., Babu, D.E. (2019). Comparative study of raw and boiled *Litopenaeus vannamei* of male and female species in relation to mineral concentration and proximate composition. *Int J Basic Appl Res*, 9(5): 463-471.

- Oksuz, A., Ozyılmaz, A., Aktas, M., Gercek, G., Motte, J. (2009). A comparative study on proximate, mineral and fatty acid compositions of deep seawater rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) and golden shrimp (*Plesionika martia*, A. Milne-Edwards, 1883). *J Anim Vet Adv*, 8(1): 183-189.
- O'Neil, C.M., Cruz-Romero, M.C., Duffy, G., Kerry, J.P. (2019). Comparative effect of different cooking methods on the physicochemical and sensory characteristics of high pressure processed marinated pork chops. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 54:19-27, doi:10.1016/j.ifset.2019.03.005.
- Orlando, P., Giardinieri, A., Lucci P., Nartea, A., Balzano, M., Pacetti, D., Frega, N.G., Silvestri, S., Tiano, L., (2020). Impact of traditional and mild oven cooking treatments on antioxidant compounds levels and oxidative status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) filets. *LWT - Food Sci Technol*, 134: 110011, doi:10.1016/j.lwt.2020.110011.
- Raposo, A., Pérez, E., Tinoco de Faria, C., Antonia Ferrús, M., Conrado Carrascosa, C. (2017). Food spoilage by *Pseudomonas* spp.—An Overview. In: *Foodborne pathogens and antibiotic resistance*, Om V. Singh. John Wiley & Sons (eds), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. doi:10.1002/9781119139188.ch3.
- Rathod, N., Pagarkar, A. (2013). Biochemical and sensory quality changes of fish cutlets, made from pangasius fish (*Pangasianodon hypophthalmus*), during storage in refrigerated display unit at -15 to -18°C. *Int J Food Agr Vet Sci*, 3: 1-8.
- Razaeifar, M., Mehdizadeh, T., Langroodi, A.M., Razei, F. (2020). Effect of chitosan edible coating enriched with lemon verbena extract and essential oil on the shelf life of vacuum rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Food Saf*, e12781, doi:10.1111/jfs.12781.
- Rhodehamel, J., Harmon, S., (2001). Bacteriological Analytical Manual, 8th Edition, 1998. Chapter 14.
- Salán, E.O., Galvão, J.A., Furlan, É.F., Porto, E., Gallo, C.R., Oetterer, M. (2008). Quality of mussels cultivated and commercialized in Ubatuba, SP, Brazil - monitoring *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* growth after post-harvest processing. *Ciênc Tecnol Aliment*, 28(1): 152-159, doi: 10.1590/S0101-20612008000100022.
- Schormüller, J. (1968). Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2). Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Shakila, R. J., Jeyasekaran, G., Vijayakumar, A., Sukumar, D. (2009). Microbiological quality of sous-vide cook chill fish cakes during chilled storage (3°C) *Int J Food Sci Technol*, 44: 2120–2126, doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02047.x.
- Shi, J., Lei, Y., Shen, H., Hong, H., Yu, X., Zhu, B., Luo Y. (2019). Effect of glazing and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on preservation of mud shrimp (*Solenocera melantho*) during frozen storage. *Food Chem*, 272:604-612, doi:10.1016/j.foodchem.2018.08.056
- Skipnes, D., Øines, S., Rosnes, J.T., Skåra, T. (2002). Heat transfer in vacuum packed mussels (*Mytilus edulis*) during thermal processing. *J Aquat Food Prod Technol*, 11 (3-4): 5-19, doi:10.1300/J030v11n03_02.
- Tolasa, S., Cakli, S., Kisla, D., Dincer T. (2012). Quality and shelf-life assessment of pasteurized trout soup during refrigerated storage. *J Aquat Food Prod Technol*, 21:321–329, doi:10.1080/10498850.2011.595054.
- Vyncke, W. (1981). pH of fish muscle comparison of methods. 12th Western European Fish Technologists' Association (WEFTA) Meeting, Copenhagen, Denmark.
- Wang, J., Tang, J., Rasco, B., Sablani, S.S., Ovissipour, M., Qu, Z. (2018). Kinetics of quality changes of shrimp (*Litopenaeus setiferus*) during pasteurization. *Food Bioproc Tech*, 11:1027–1038, doi:10.1007/s11947-018-2073-x
- Webb, M.D., Barker, G.C., Goodburn, K.E., Peck, M.W. (2019). Risk presented to minimally processed chilled foods by psychrotrophic *Bacillus cereus*. *Trends Food Sci Technol*, 93:94-105, doi: 10.1016/j.tifs.2019.08.024.
- Yu, X., Wang, J., Wen, S., Yang, J., Zhang, F. (2019). A deep learning based feature extraction method on hyperspectral images for nondestructive prediction of TVB-N content in

Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Biosyst Eng*, 178:244-255, doi:10.1016/j.biosystemseng.2018.11.018.

Zhang, J., Wu, D., Liu, D., Fang, Z., Chen, J., Hu, Y. and Ye, X. (2013). Effect of cooking styles on the lipid oxidation and fatty acid composition of

grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillet. *J Food Biochem*, 37:212-219, doi:10.1111/j.1745-4514.2011.00626.x.



DETERMINATION OF THE EXTRACTION CONDITIONS OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM *ARBUTUS UNEDOL* L. LEAVES

Özge Algan Cavuldak*

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Zonguldak Bülent Ecevit University, Zonguldak, Turkey

Received/ Geliş: 06.04.2021; Accepted/ Kabul: 12.08.2021; Published online/ Online baskı: 13.09.2021

Algan-Cavuldak, Ö. (2021). Determination of the extraction conditions of phenolic compounds from *Arbutus unedo* L. leaves. *GIDA* (2021) 46 (5) 1218-1232 doi: 10.15237/gida.GD21065

Algan-Cavuldak, Ö. (2021). *Arbutus unedo* L. yapraklarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi. *GIDA* (2021) 46 (5) 1218-1232 doi: 10.15237/gida.GD21065

ABSTRACT

Extraction parameters in classical solvent extraction of bioactive compounds from *Arbutus unedo* leaves were studied using a single factor experiment approach. Effects of ethanol (EtOH) concentration (20-100 %), solvent:solid ratio (10-90 ml/g), extraction time (20-100 min) and extraction temperature (15-70 °C) on total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC) and total antioxidant activity (TAA) of the extracts were investigated. The optimal conditions were found as solvent concentration of 40 % EtOH, solvent:solid ratio of 50:1, extraction time of 60 min, and extraction temperature of 55 °C. Under these conditions, TPC, TFC and TAA were obtained as 89.58 mg GAE/g dw, 28.62 mg CAT/g dw and 85.25 % inh, respectively. It was found that especially the flavonoid content of the extracts was highly correlated with antioxidant activity under all extraction conditions such as ethanol concentration ($r=0.962$), solvent:solid ratio ($r=0.947$), extraction time ($r=0.793$) and temperature ($r=0.935$).

Keywords: *Arbutus unedo* leaves, solvent extraction, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity

ARBUTUS UNEDOL YAPRAKLARINDAN FENOLİK BİLEŞİKLERİN EKSTRAKSİYONUNDA EKSTRAKSİYON KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

ÖZ

Arbutus unedo yapraklarından biyoaktif bileşiklerin klasik çözücü ekstraksiyonundaki ekstraksiyon parametreleri tek faktörlü deney yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. Etanol (EtOH) konsantrasyonu (20-100 %), çözücü:kati oranı (10-90 ml/g), ekstraksiyon süresi (20-100 dak) ve ekstraksiyon sıcaklığının (15-70 °C) ekstraktların toplam fenolik içeriği (TPC), toplam flavonoid içeriği (TFC) ve toplam antioksidan aktivitesi (TAA) üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Optimal koşullar çözücü konsantrasyonu 40 % etanol, çözücü:kati oranı 50:1, ekstraksiyon süresi 60 dakika ve ekstraksiyon sıcaklığı 55 °C olarak bulunmuştur. Bu koşullar altında TPC, TFC ve TAA değerleri sırasıyla 89.58 mg GAE/g dw, 28.62 mg CAT / g dw ve 85.25 % inh olarak elde edilmiştir. Ekstraktların özellikle flavonoid içeriğinin, etanol konsantrasyonu ($r = 0.962$), çözücü:kati oranı ($r = 0.947$), ekstraksiyon süresi ($r = 0.793$) ve sıcaklık ($r = 0.935$) gibi tüm ekstraksiyon koşulları altında antioksidan aktivitesi ile oldukça ilişkili olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Arbutus unedo* yaprağı, çözücü ekstraksiyonu, polifenoller, flavonoidler, antioksidan aktivite

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: ozge.ac@beun.edu.tr

☎ (+90) 372 291 2602

☎ (+90) 372 257 4023

Özge Algan Cavuldak; ORCID no: 0000-0001-8349-9035

INTRODUCTION

Arbutus unedo L. (also known as strawberry tree) belongs to the Ericaceae family which is an evergreen shrub or small tree native to the Mediterranean climate. It is distributed in Mediterranean region and North Africa where summers are hot and winters are rainy (Ayaz et al., 2000; Orak et al., 2011). The local distribution is shown in Mediterranean, Aegean, Marmara and Black Sea coasts of Turkey (Ayaz et al., 2000; Pabuçcuoğlu et al., 2003; Özcan and Haciseferoğulları, 2007; Celikel et al., 2008; Orak et al., 2011; Isbilir et al., 2012; İslam and Pehlivan 2016). The name 'Kocayemiş' is commonly used for strawberry tree fruit (*Arbutus unedo* L.) in Turkey (Celikel et al., 2008).

The fruits and leaves of *Arbutus unedo* plant have importance both in local agricultural economies and in traditional medicine. The fruits are usually processed into jams, marmalades, jellies and alcoholic beverages for consumption (Alarcao-E-Silva et al., 2001; Pallauf et al., 2008). They are well-known in folk medicine as antiseptics, diuretics, and laxatives. Similarly, the infusions of their leaves which are known to have diuretic, urinary antiseptic, antidiarrheal, astringent, depurative, and antihypertensive properties used in folk medicine also (Baytop, 1984; Pawlowska et al., 2006; Morgado et al., 2018). These medicinal properties are related to the high content of phenolic compounds in the fruits and leaves of *A. unedo*. There are some studies showing the phenolic profile of different parts of the plant, however, more studies have been conducted on the phenolic content of *A.unedo* fruits (Ayaz et al., 2000; Alarcao-E-Silva et al., 2001; Pawlowska et al., 2006; Özcan and Haciseferoğulları, 2007; Pallauf et al., 2008; Fortalezas et al., 2010; Akay et al., 2011; İslam and Pehlivan, 2016; Albuquerque et al., 2017; López et al., 2019) compared to the studies on leaves (Pabuçcuoğlu, et al., 2003; Oliveira et al., 2009; Orak et al., 2011; Malheiro et al., 2012; Erkekoglou et al., 2017). Also, the studies on phenolic and flavonoid content of both fruit and leaf of *A.unedo* showed that the phenolic and flavonoid content of leaf extracts was found to be higher than that of fruits' (Males et al., 2006; Mendes et al., 2011).

Plant polyphenols are a large group of secondary metabolites, which have biological properties such as antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, antiallergic activities. Therefore, they play a preventive role in diseases such as cancer and cardiovascular diseases (Pawlowska et al., 2006). The health-promoting properties of *A. unedo*, which were thought to be associated with polyphenols, attracted interest. Extraction method, extraction solvent and solvent concentration, solvent:solid ratio, extraction temperature, time and particle size are effective factors to obtain the extracts of phenolic compounds (Do et al., 2014; Ilaiyaraja et al., 2015; Bhebhe et al., 2016). Classical solvent extraction was used as it is the most commonly used method for extracting flavonoids (Routray and Orsat, 2012; Tzanova et al., 2020). This study aimed to see the effect of ethanol concentration, solvent:solid ratio, extraction time and extraction temperature on the extraction of phenolics from *A.unedo* leaves. The ranges obtained for these extraction parameters would be used in future optimization studies.

MATERIAL AND METHODS

Chemicals

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH[•]), Folin-Ciocalteu's reagent, aluminium chloride, sodium nitrite, sodium carbonate anhydrous, sodium hydroxide, gallic acid, catechin, methanol (MeOH) and ethanol (EtOH) were obtained from Sigma (St. Louis, MO, USA). Deionized water was used. All reagents and chemicals were analytical grade.

Material

A. unedo L. leaves were gathered in October of 2019 in Kozlu-Zonguldak (at about 105 m from above sea level) in the Western Black Sea Region, Turkey. Voucher specimens of *A.unedo* plant (No. ANK-60606) were deposited in the Science Faculty Herbarium in Ankara University, Turkey. The collected leaves were cleaned and then dried on drying papers without forming mass in shady place at room temperature for 20 days. Air-dried leaves were grounded and the ground powder were stored in glass jars at +4 °C until extraction and analysis.

Experimental Design for Preparation of Leaf Extracts

Classical solvent extraction was carried out with hydroalcoholic solvent system of ethanol (EtOH). 1.0 g of dried and ground leaf samples were weighed and mixed with the appropriate amount of EtOH/H₂O solvent system in glass bottles according to solvent:solid ratio. Conventional extraction was performed by stirring with a magnetic stirrer (Wisd WiseStir MSH-20A) at different temperatures and times. Single factor experiments were used for solvent extraction. The ranges for each independent variable were chosen based on the results of literature studies on the extraction of polyphenols from *A. unedo* leaves (Oliveira et al., 2009; Mendes et al., 2011; Orak et al., 2011; Malheiro et al., 2012). Then, the extract was filtered (Whatman No. 1 filter paper) and used for the determination of TPC, TFC and TAA amounts. In this study, the ranges of the parameters in the extraction of phenolic compounds from *A. unedo* leaves were statistically evaluated and aimed to be a source for future studies.

Solvent (EtOH) concentration

EtOH/water solvent system was used as the solvent for the extraction. *A. unedo* leaves were extracted using various concentrations of EtOH/water as 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, and 100 %. The solvent:solid ratio, extraction time and temperature were fixed at 50 ml/g, 60 min and 25 °C, respectively.

Solvent:solid ratio

The leaves extracted at a range of solvent:solid ratio (10, 30, 50, 70, 90 ml/g) using the best EtOH/water concentration (40 %) determined at the first step. Extraction time and extraction temperature were fixed as 60 min and 25 °C, respectively.

Extraction time

A. unedo leaf samples were extracted by varying the extraction time (20, 40, 60, 80 and 100 min) at fixed temperature (25 °C) using the best solvent concentration (40 %) and the best solvent:solid ratio (50 ml/g), which were determined at the first and second steps.

Extraction temperature

The leaf samples were extracted at different temperatures (15, 25, 40, 55, and 70 °C) using the best EtOH/water concentration (40 %), best solvent:solid ratio (50 ml/g) and best extraction time (60 min), which were determined in previous steps.

Total phenolic content (TPC)

TPC of the leaf extracts was analyzed using the modified method of Costa et al., (2009). 0.1 mL of ethanolic extract solution was mixed with 1 mL of Folin–Ciocalteu’s phenol reagent and 5 mL of Na₂CO₃ solution. The mixture was adjusted to 10 mL with water. It was kept in dark for 20 min, then the absorbance was measured at 735 nm using UV–VIS spectrophotometer (UV-1800, Shimadzu, Japan). The results of TPC were expressed as gallic acid equivalents (GAE) in milligrams per gram of dried weight (mg GAE/g dw) using standard curve of gallic acid.

Total flavonoid content (TFC)

TFC of the leaf extracts was analyzed using the modified method of Iqbal et al., (2012). 4 mL deionized water, 1 mL extract and 0.3 mL 5 % NaNO₂ solution were mixed. After 5 min, 0.3 mL of 10 % AlCl₃ was added. At the 6th minute, 2 mL of 1 M NaOH and 2.4 mL deionized water was added and mixed. Absorbance of the mixture was measured at 510 nm (UV-1800, Shimadzu, Japan). The results of TFC were expressed as catechin equivalents in milligrams per gram of dried weight (mg CAT/g dw) using standard curve of catechin.

Total antioxidant activity (TAA)

TAA of the leaf extracts was measured using a DPPH free radical scavenging assay according to the study of Lee et al., (2013). 0.5 mL extract was diluted 10-fold with water and mixed with 2.5 mL 0.12 mM DPPH methanolic solution. After standing 30 min at room temperature, the absorbance was measured at 517 nm (UV-1800, Shimadzu, Japan). The scavenging activity of DPPH free radicals as TAA was expressed as percentage inhibition of DPPH radical and was calculated according to Equation (1):

$$\text{Scavenging activity (\%)} = \left[\frac{(\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}})}{(\text{Abs}_{\text{control}})} \right] \times 100 \quad (1)$$

Statistical analysis

All extraction experiments were replicated twice and all analyses were performed in three replications. The obtained data were expressed as the mean \pm SD (standard deviation). Significant differences ($P < 0.05$) were determined by one-way analysis of variance (ANOVA) completed by Tukey's test. Also, PCA (Pearson Correlation Analysis) was performed using Minitab (Minitab® Statistical Software 17).

RESULTS AND DISCUSSION

Solvent (EtOH) concentration

Various organic solvents have been known to be used in the classical solvent extraction of phenols from various plant materials (Alothman et al., 2009; Vural et al., 2020). The most commonly used solvents for the extraction of phenolic compounds are water, MeOH, EtOH, acetone and ethylene glycol. In addition, aqueous solvents of these organic solvents have been preferred in many studies as they provide high extraction efficiency compared to pure solvents (Musa et al., 2011; Metrouh-Amir et al., 2015; Bhebhe et al., 2016; Ma et al., 2019).

Solvent selection is important for the determination of quantity and type of bioactive compounds and therefore extraction efficiency (Jovanovic-Malinovska et al., 2015). Solvent type, especially its polarity, affects the hydrophilic and lipophilic phenolics extracted from the sample (Boeing et al., 2014). Studies on the extraction of phenolics from *A. unedo* leaves are very limited and water, EtOH and MeOH have been used as the extraction solvent in these limited studies (Pabuçcuoğlu et al., 2003; Oliveira et al., 2009; Mendes et al., 2011). In this study, EtOH and its aqueous mixtures (100 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 %) have been preferred due to their low toxicity and no need of further processing compared to MeOH. EtOH is also categorized as GRAS (Generally Recognized as Safe) (Jovanovic-Malinovska et al., 2015). In addition, it has been shown that the total phenolic and antioxidant activity results of *A. unedo* leaf extracts obtained with EtOH yielded higher than the others

(Pabuçcuoğlu et al., 2003; Oliveira et al., 2009). The antioxidant capacity of EtOH and MeOH extracts of *A. unedo* leaves were compared and Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) was found as 2.25 mM and 1.75 mM, respectively (Pabuçcuoğlu et al., 2003). Oliveira et al. (2009) studied the antioxidant activity and total phenolics of water, EtOH, MeOH and diethyl ether extracts of *A. unedo* leaves and found that the highest amount of total phenols (192.66 ± 1.66 mg GAE/g extract), antioxidant activity as reducing power ($232.7 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) and antioxidant activity as DPPH scavenging effect (IC_{50} of $63.2 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) were in EtOH extracts (Oliviera et al., 2009).

The results of the present study showed that solvent concentration significantly ($P < 0.05$) affected the analyzed variables (TPC, TFC, TAA) (Figures 1a-c). The highest value of TPC was obtained for 60 % EtOH (86.78 mg GAE/ g dw) whereas the lowest value was for 100 % EtOH (20.03 mg GAE/ g dw). 40 % EtOH (26.53 mg CAT/g dw) was the highest for the extraction of TFC from *A. unedo* leaves, which were followed by 60 %, 80 %, 20 %, 100 % EtOH. The lowest yield for TFC was obtained by 100 % EtOH (8.36 mg CAT/g dw). Similar to the results of TFC, 40 % EtOH concentration had also a significant effect ($P < 0.05$) on TAA of extracts giving the highest value of 82.46 %.

100 % EtOH significantly provided the lowest value for TPC (20.03 mg GAE/g dw), TFC (8.36 mg CAT/g dw) and TAA (73.40 % inh) of the samples ($P < 0.05$). It was observed that when aqueous-EtOH solvent was used compared to pure solvent (EtOH), much higher yield in phenolic extraction was obtained. Higher content of polyphenols was obtained with an increase in the polarity of the solvent used (Turkmen et al., 2006). The result was in accordance with the studies that binary solvent was suggested compared to mono-solvent (Turkmen et al., 2006; Üstündağ et al., 2016; Vural et al., 2020).

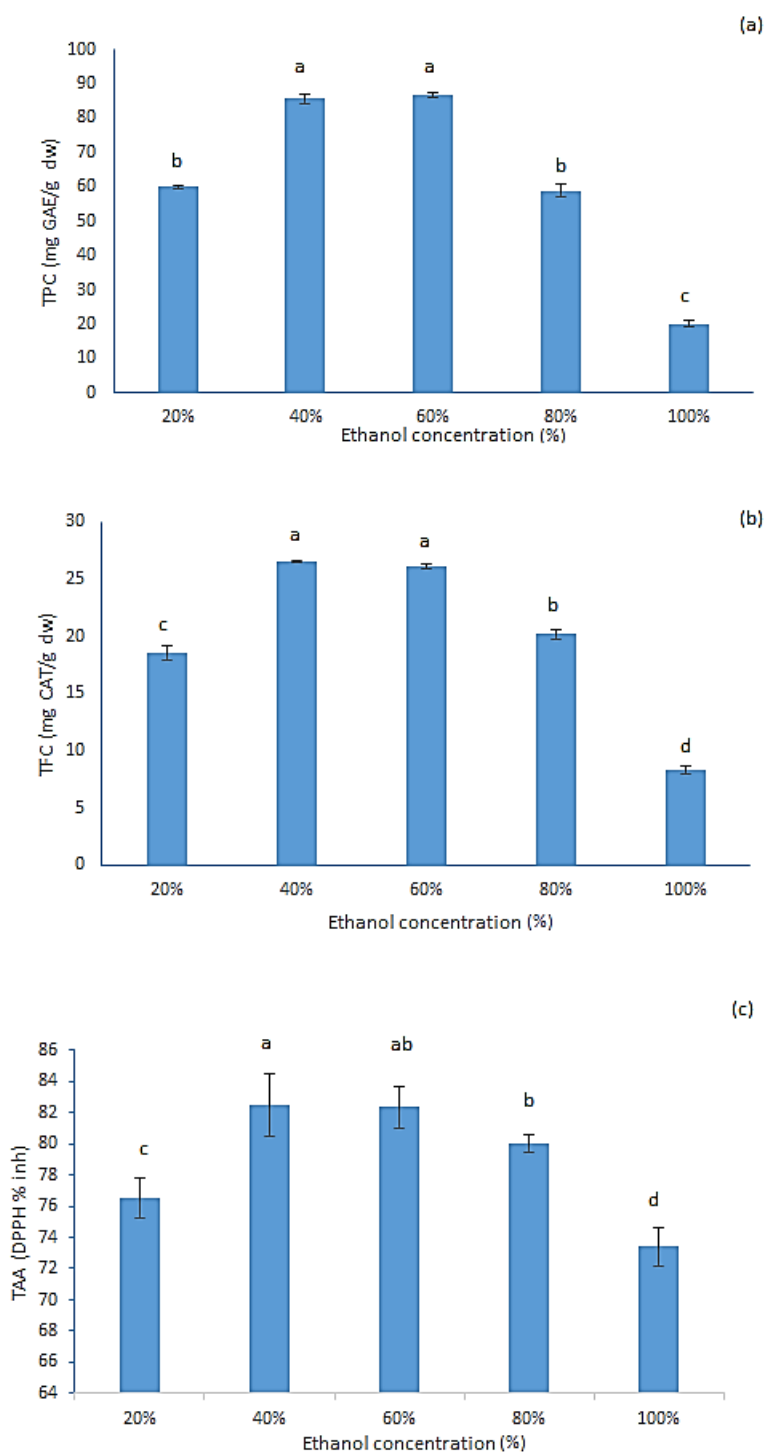


Figure 1. Effect of ethanol concentration (%) on the extraction of TPC (a), TFC (b), TAA (c) from *A. unedo* leaves (solvent:solid ratio:50 ml/g, extraction time: 60 min, extraction temperature: 25 °C) Values are mean±standard deviation of six measurements. The letters (a-d) are significantly (p<0.05) different.

The yields of TFC and TAA were maximized at 40 % EtOH then followed by a decrease with further increase in concentrations of EtOH. The yield of TPC was maximized at 60 % EtOH however 40 % EtOH and 60 % EtOH showed no significant differences. Thus, 40 % EtOH was chosen as the best solvent concentration for the following steps. Solvent concentration had a significant effect on phenolic extraction and a decrease in total phenolics or antioxidant activity was observed when the solvent concentration increased above a certain value in many studies. Similarly, in the extraction of total phenolic compounds from pomegranate peel (Živković et al., 2018) and mengkudu (*Morinda citrifolia*) (Thoo et al., 2010), the optimum concentration was found to be 40 % EtOH.

Solvent:solid ratio

Solvent:solid ratio is considered as an important parameter in the extraction of phenolic compounds from plants. It is generally considered that a high solvent: solid ratio provides high extraction efficiency. However, the increased cost and environmental impact due to excessive solvent consumption should also be taken into account (Pinelo et al., 2006; Dai and Mumper, 2010; Heleno et al., 2016). In this study, solvent:solid ratio was used in a wide range (10, 30, 50, 70, 90 ml/g) because it was intended to be a fundamental study to determine the ranges in phenolic extraction from *A. unedo* leaves. Different solvent: solid ratios have been observed in the studies on the extraction of phenolics from the leaves of *A. unedo*. When boiling water was used as solvent, solvent:solid ratio was 50 ml / g (Oliveira et al., 2009; Mendes et al., 2011) or 20 ml / g (Orak et al., 2011). The solvent:solid ratio was used as 50 ml / g when the solvent was EtOH or MeOH (Orak et al., 2011) however it was 16.66 ml/g when EtOH, MeOH or diethyl ether were used (Oliveira et al., 2009).

In this study, the values of TPC, TFC and TAA were significantly affected by the parameter of solvent:solid ratio ($P < 0.05$) (Figures 2a-c). The highest value of TPC was obtained by solvent:solid ratio of 70 ml/g (88.66 mg GAE/ g dw) and it was followed by 50 ml/g (85.18 mg

GAE/ g dw), 30 ml/g (71.57 mg GAE/ g dw), 90 ml/g (70.25 mg GAE/ g dw) and 10 ml/g (50.26 mg GAE/ g dw). However, solvent:solid ratio of 50 ml/g provided the highest TFC (26.20 mg CAT/g dw) and TAA (82.02 % inh). The lowest yield of TPC (50.26 mg GAE/ g dw), TFC (12.12 mg CAT/g dw) and TAA (70.92 % inh) results were obtained by solvent:solid ratio of 10 ml/g. Figures 2 (a-c) show that the yields of TPC, TFC and TAA generally increased with increasing solvent:solid ratio however TFC and TAA results started to decrease after 50 ml/g. The decrease was after 70 ml/g for TPC. Therefore, 50 ml/g was selected as solvent:solid ratio to be used in the subsequent stages to ensure both high extraction efficiency and minimal solvent consumption, thus avoiding solvent waste and extraction cost. The effect of solvent:solid ratio was significant on extraction of antioxidant compounds (TPC and TFC) and capacities (ABTS and DPPH) from *P. niruri* (Wong et al., 2013) while it was the mostly effective parameter on the extraction of TPC from dried olive leaves (Ersus Bilek, 2010).

Extraction time

Solvent extraction is a traditional extraction method and has long been used for research and industrial purposes to extract desired compounds from plant material. Despite its widespread use, generally it requires a long extraction time (Heleno et al., 2016). Long time can increase the transfer of phenolic compounds from plant to the solvent. However, extending the time may decrease the extraction efficiency by increasing the oxidation probability of phenolic compounds (Bachir Bey et al., 2014; Mokrani and Madani, 2016; Yang et al., 2017). For this reason, it is important to determine the optimum extraction time by considering the extraction efficiency, extract quality and also energy cost in solvent extraction. Extraction time was 45 minutes in solvent extraction using boiling water in both studies on phenolic extraction from *A. unedo* leaves by Mendes et al. (2011) and Oliveira et al. (2009), while EtOH and MeOH extraction was performed at fixed speed during overnight (Orak et al., 2011).

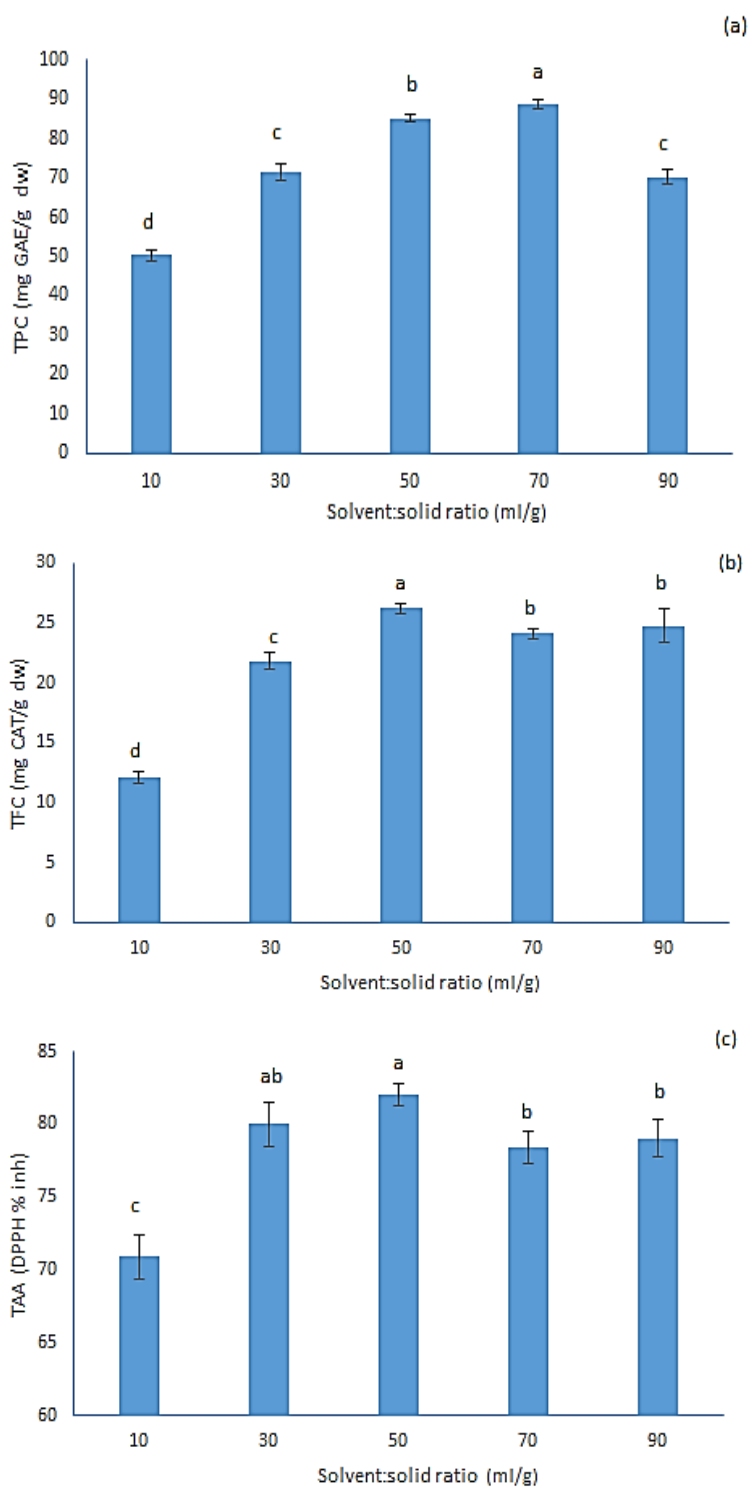


Figure 2. Effect of solvent/solid ratio on the extraction of TPC (a), TFC (b), TAA (c) from *A. unedo* leaves (ethanol concentration: 40%, extraction time: 60 min, extraction temperature: 25 °C) Values are mean±standard deviation of six measurements. The letters (a-d) are significantly ($p < 0.05$) different.

Figures 3a-c show the effects of extraction time on the solvent extraction of antioxidant phenolics from *A. unedo* leaves. It had significant effect on TPC, TFC and TAA results ($P < 0.05$). Generally TPC, TFC and TAA results increased from 20 min to 60 min (Figures 3a-c) however the results of TPC decreased from 20 min to 40 min and then increased from 40 min to 60 min. The highest yields of TPC (85.33 mg GAE/g dw) and TAA (82.23 %) were obtained in 60 min of extraction time. TFC yield was highest in 100 min (26.78 mg CAT/ g dw) and it was followed by 60 min (26.41 mg CAT/ g dw). It can be seen that more flavonoids yielded in longer extraction time (100 min) however there was no significant difference between the results of 60 min and 100 min. Additionally, the values of TPC and TAA decreased after 60 min. Therefore extraction time of 60 min was chosen as optimum time. Naeem et al. (2012) preferred optimum time as 60 min in the extraction of phenolics from *Moringa oleifera* leaves (Naeem et al., 2012). Similarly, the effect of time was obtained statistically significant in the ethanolic solvent extraction of TPC from olive leaves ($P < 0.05$) (Vural et al., 2020). The results are generally in accordance with the studies in which excess extraction time reduced the yield of phenolic compounds (Liyana-Pathirana and Shahidi, 2005; Thoo et al., 2010; Mokrani and Madani, 2016).

Extraction Temperature

Extraction temperature is one of the critical parameters which effects extraction efficiency, extract quality and energy consumption due to solvent loss through evaporation (Durling et al., 2007; Ilaiyaraja et al., 2015).

Figures 4a-c show that the extraction temperatures (15, 25, 40, 55, 70 °C) significantly affected the results of TPC, TFC and TAA ($P < 0.05$). The highest results for TPC (91.73 mg GAE/g dw), TFC (28.62 mg CAT/g dw) and TAA (85.25 %) were obtained at 70 °C, 55 °C and 55 °C, respectively. Generally there was an increase in the values of TPC, TFC and TAA when the temperature increased. It was in accordance with the studies which reported that increase in heat improved the extraction

efficiency of phenolic compounds and therefore antioxidant activity (Al-Farsi and Lee, 2008; Dorta et al. 2012; Mokrani and Madani, 2016). TFC and TAA results increased as the temperature increased, however, a statistically significant decrease was obtained after 55 °C ($P < 0.05$). For TPC, the increase was continued after 55 °C however, there was no significant increase from 55 °C to 70 °C. It can be related to thermal degradation of phenolic compounds at high temperatures which is one of the disadvantages of the solvent extraction (Yue et al., 2012). Thus 55 °C of extraction temperature was chosen as the optimum temperature. Significant decreases in TFC and TAA above 55 °C may be related to the sensitivity of phenolic compounds in *A. unedo* leaves to high temperature. Thermally stable compounds can give higher extraction yield whereas sensitive ones can degrade at high temperatures (Liyana-Pathirana and Shahidi, 2005; Thoo et al., 2010). Thus, the bioactive compounds in plant material may react differently according to their stability against heat. Time becomes important together with temperature to prevent degradation of polyphenols and to protect their radical scavenging potential due to high extraction temperature in traditional methods such as solvent extraction (Spigno et al., 2007; Yue et al., 2012). It may be recommended to keep the time short especially for sensitive phenolics even if the extraction temperature is high.

Pearson Correlation Analysis

The relationships between TPC, TFC and TAA of *A. unedo* leaf extracts under various extraction conditions were analyzed using Pearson correlation analysis. Under the parameter of EtOH concentration (Table 1), there was a positive significant correlation between TPC and TFC ($r = 0.995$, $P < 0.05$) and therefore flavonoids were found to have an important role among total phenolic compounds. This result was similar to the significant correlations between TPC and TFC found for *L. aromatica* (Do et al., 2014) and tropical fruits such as banana (*Musa paradisiaca*) and guava (*Psidium guajava* L.) (Alothman et al., 2009). Positive significant correlations between TAA and TPC ($r = 0.935$, P

<0.05) and TAA and TFC ($r = 0.962$, $P < 0.05$) indicate that both TPC and TFC are responsible for the antioxidant activity of the extracts. These correlations confirm that the phenolic compounds are the main compounds contributing to the antioxidant activity of *A. unedo* leaf extracts similar to some previous studies in which good correlation was observed between the antioxidant properties and TPC of the extracts

(Mello et al., 2005; Alothman et al., 2009; Oliveira et al., 2009). Since polarity of flavonoids varies, the choice of solvent with the appropriate polarity is also important. More polar solvents such as alcohol, water, acetone can be used in the extraction of more polar flavonoid glycosides (Harborne et al., 1975; Routray and Orsat 2012). This is correlated with high amount of flavonoids extracted with EtOH/H₂O in this study.

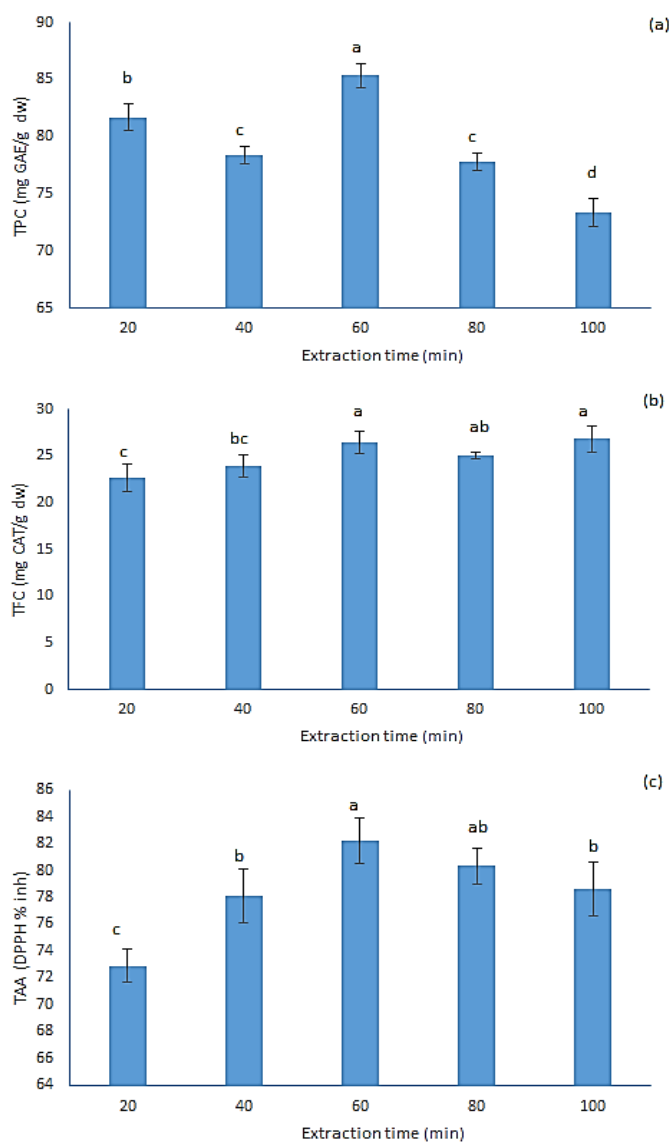


Figure 3. Effect of time on the extraction of TPC (a), TFC (b), TAA (c) from *A. unedo* leaves (ethanol concentration: 40%, solvent:solid ratio: 50 ml/g, extraction temperature: 25 °C) Values are mean±standard deviation of six measurements. The letters (a-d) are significantly ($p < 0.05$) different.

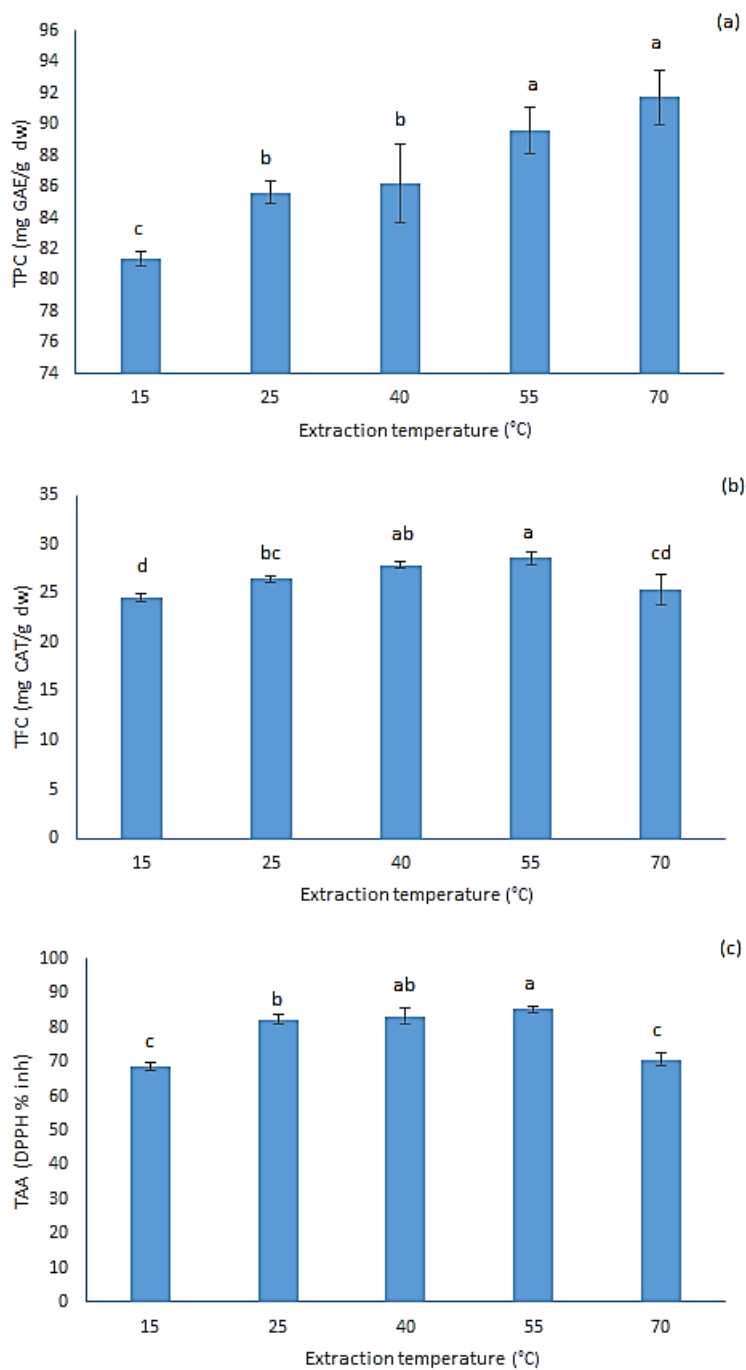


Figure 4. Effect of temperature on the extraction of TPC (a), TFC (b), TAA (c) from *A. unedo* leaves (ethanol concentration: 40%, solvent:solid ratio: 50 ml/g, extraction time: 60 min) Values are mean \pm standard deviation of six measurements. The letters (a-d) are significantly ($p < 0.05$) different.

Table 1. Correlation between different assays under influence of extraction conditions

r	Ethanol concentration			Solvent:solid Ratio			Time			Temperature		
	TPC	TFC	TAA	TPC	TFC	TAA	TPC	TFC	TAA	TPC	TFC	TAA
TFC	0.995*			0.882*			-0.214			0.371		
TAA	0.935*	0.962*		0.821	0.947*		0.095	0.793		0.216	0.935*	

TPC, total phenolic content; TFC, total flavonoid content; TAA, DPPH radical scavenging activity

r, Pearson correlation coefficient

* Significant level at $P < 0.05$

For the solvent:solid ratio, the results were similar to those of the parameter of EtOH concentration. There was a significant positive correlation between TPC and TFC ($r = 0.882$, $P < 0.05$). However, the correlation of TAA with TFC ($r = 0.947$, $P < 0.05$) compared to TPC ($r = 0.821$) was higher and positively significant. It was observed that flavonoids have a higher and significant effect on the antioxidant activity of the sample. It can be concluded that as the solvent ratio increased, the effect of flavonoids on antioxidant activity increased.

Under the parameter of extraction time, the correlation between TFC and TPC is low and negative ($r = -0.214$). It can be said that TFC did not contribute to TPC. In addition, only TFC was found to show a positively high but insignificant correlation with TAA ($r = 0.793$). The correlation between TPC and TAA was positive but very low ($r = 0.095$). This result was similar to the study in which the extended extraction time may cause decomposition of bioactive compounds (Liyana-Pathirana and Shahidi, 2005). Overall, the extraction time negatively affected TPC, however, flavonoids were found to be more resistant to increased time than the other phenolics. These results were consistent in which that flavonoids have an important place on the antioxidant activity of the plants (Rice-Evans, et al., 1996; Mustafa et al., 2010).

Under the influence of extraction temperature (Table 1), low positive correlation between TFC and TPC ($r = 0.371$) also TAA and TPC ($r = 0.216$) were found. Both have no significant difference at $P < 0.05$ (Table 1). However, a strong ($r = 0.935$) and significant ($P < 0.05$) correlation was found between TAA and TFC which was

shown that flavonoids contributed to TAA of the extracts. It can be concluded that flavonoids in *A.unedo* leaf extracts are generally thermally stable while the other phenolics have low stability at high temperatures. This result was consistent with the study of Thoo et al. (2010), which stated that the TFC of *M. citrifolia* extracts are more thermally stable.

TAA of *A. unedo* leaf extracts was high and the phenolic content especially flavonoids contributed significantly to the antioxidant activity of the samples. Some studies have concluded that *A. unedo* leaves are rich in flavonoids (Males et al., 2006; Fiorentino et al., 2007). Pabuçcuoğlu et al. (2003) showed that flavonol glycosides and tannins may be active substances responsible for TAA of *A. unedo* leaves. In another study conducted on *A. unedo* leaves, the correlation between phenolic content and antioxidant activity was limited and variable, showing the complexity of the interaction of mixtures of phenols with each implicated radical (Erkekoglu et al., 2017). Different assays (DPPH, ABTS, ORAC, FRAP) have been used to measure TAA of plant materials in the literature (Capanoglu et al., 2018). It is aimed to investigate the correlation of TPC and TFC with TAA results obtained by methods other than DPPH, as well as analysis of individual flavonoids that appear to be highly effective on TAA by chromatography (HPLC) in future studies.

CONCLUSION

Single-factor experiment approach was used to obtain the optimum values of TPC, TFC and TAA of the *A. unedo* leaf extracts by investigating the extraction conditions such as solvent concentration, solvent:solid ratio, extraction time

and extraction temperature. The highest values of TPC (89.58 mg GAE/g dw), TFC (28.62 mg CAT/g dw) and TAA (85.25 % inh) of *A. unedo* leaves were obtained with 40 % EtOH concentration, 50:1 solvent:solid ratio, 60 min extraction time and 55 °C extraction temperature. The correlation between TPC, TFC and TAA of the extracts under the effect of extraction parameters were determined. Similar results were obtained under the effect of both solvent concentration and solvent:solid ratio which flavonoids have an important place in TPC and additionally both TFC and TPC contributed TAA of the extracts due to high and significant correlation coefficients. However, the results were different for under both extraction time and temperature. While the effect of flavonoids on TPC was low, the effect of these flavonoids on TAA were found to be high. It can be thought that the antioxidant flavonoids in *A. unedo* leaves were more resistant to high temperature and long time. Therefore, when determining the extraction conditions of antioxidant phenolic compounds in *A. unedo* leaves, especially the flavonoids should be considered. *A. unedo* leaves has a potential to be used in industry as a food additive or pharmaceutical due to having high antioxidant phenolics. The results of this study may provide a fundamental data for comparison of studies using new extraction methods by multi-objective optimization in the future.

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Assist. Prof. Nilüfer VURAL for her assistance in the statistical analysis section.

REFERENCES

Akay, Ş., Alpak, İ., Yesil-Celiktas, Ö. (2011). Effects of process parameters on supercritical CO₂ extraction of total phenols from strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: An optimization study. *J Sep Sci*, 34: 1925-1931.

Alarcao-E-Silva, M. L. C. M. M., Leitao, A. E. B., Azinheira, H. G. and Leitao, M. C. A. (2001). The *Arbutus* berry: Studies on its color and chemical

characteristics at two mature stages. *J Food Compos Anal*, 14: 27-35.

Albuquerque, B.R., Prieto, M.A., Barreiro, M.F., Rodrigues, A., Curran, T.P., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. (2017). Catechin-based extract optimization obtained from *Arbutus unedo* L. fruits using maceration/microwave/ultrasound extraction techniques. *Ind Crop Prod*, 95: 404-415.

Al-Farsi, M.A. and Lee, C.Y. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chem*, 108: 977-985.

Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chem*, 115: 785-788.

Ayaz, F.A., Kucukislamoglu, M., Reunanen, M. (2000). Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L. var. *ellipsoidea*) fruits. *J Food Compos Anal*, 13: 171-177.

Bachir Bey, M., Meziant, L., Benchikh, Y., Louaileche, H. (2014). Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dark fresh fig (*Ficus carica* L., var. *Azenjar*) total phenolic compounds and antioxidant activity. *Food Chem*, 162: 277-282.

Baytop, T. (1984). Therapy with medicinal plants in Turkey (past and present), 1st ed.; Istanbul University, Istanbul, 305 p.

Bhebhe, M., Füller, T.N., Chipurura, B., Muchuweti, M. (2016). Effect of solvent type on total phenolic content and free radical scavenging activity of black tea and herbal infusions. *Food Anal Methods*, 9: 1060-1067.

Boeing, J.S., Barizão, E.O., Silva, B.C., Montanher, P.F., Almeida, V.C., Visentainer, J.V. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. *Chem Cent J*, 8: 48

Capanoglu, E., Kamiloglu, S., Ozkan, G., Apak, R. (2018). Evaluation of antioxidant activity/capacity measurement methods for food products. In: *Measurement of Antioxidant Activity &*

- Capacity: Recent Trends and Applications*, Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F. (Editor), John Wiley & Sons Ltd., pp.273-286.
- Celikel, G., Demirsoy, L., Demirsoy, H. (2008). The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) selection in Turkey. *Sci Horti*, 118: 115-119.
- Costa, R.M., Magalhães, A.S., Pereira, J.A., Andrade, P.B., Valentão, P., Carvalho, M., Silva, B.M. (2009). Evaluation of free radical scavenging and antihemolytic activities of quince (*Cydonia oblonga*) leaf: A comparative study with green tea (*Camellia sinensis*). *Food Chem Toxicol*, 47: 860-865.
- Dai, J., Mumper, R.J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15: 7313-7352.
- Do, Q.D., Angkawijaya, A.E., Tran-Nguyen, P.L., Huynh, L.H., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S., Ju, Y.H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Linnophila aromatica*. *J Food Drug Anal*, 22: 296-302.
- Dorta, E., Lobo, M.G., Gonzalez, M. (2012). Reutilization of mango byproducts: Study of the effect of extraction solvent and temperature on their antioxidant properties. *J Food Sci*, 71 (1): C80-C88.
- Durling, N.E., Catchpole, O.J., Grey, J.B., Webby, R.F., Mitchella, K.A., Foo, L.Y., Perry, N.B. (2007). Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixtures. *Food Chem*, 101: 1417-1424.
- Erkekoglou, I., Nenadis, N., Samara, E., Mantzouridou, F.T. (2017). Functional teas from the leaves of *Arbutus unedo*: Phenolic Content, antioxidant activity, and detection of efficient radical scavengers. *Plant Foods Hum Nutr*, 72:176-183.
- Ersus Bilek, S. (2010). The effects of time, temperature, solvent:solid ratio and solvent composition on extraction of total phenolic compound from dried olive (*Olea europaea* L.) leaves. *Gıda*, 35(6): 411-416.
- Fiorentino, A., Castaldi, S., D'Abrosca, B., Natale, A., Carfora, A., Messere, A., Monaco, P. (2007). Polyphenols from the hydroalcoholic extract of *Arbutus unedo* living in a monospecific Mediterranean woodland. *Biochem Syst Ecol*, 35: 809-811.
- Fortalezas, S., Tavares, L., Pimpão, R., Tyagi, M., Pontes, V., Alves, P.M., McDougall, G., Stewart, D., Ferreira, R.B., Santos, C.N. (2010). Antioxidant properties and neuroprotective capacity of strawberry tree fruit (*Arbutus unedo*). *Nutrients*, 2: 214-229.
- Harborne, J. B., Mabry, T. J., Mabry, H. (1975). The Flavonoids. London, UK: Chapman & Hall
- Heleno, S.A., Diz, P., Prieto, M.A., Barros, L., Rodrigues, A., Barreiro, M.F., Ferreira, I. C.F.R (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction to obtain mycosterols from *Agaricus bisporus* L. by response surface methodology and comparison with conventional Soxhlet extraction. *Food Chem*, 197: 1054-1063.
- Ilaiyaraja, N., Likhith, K.R., Babu, G.R.S., Khanum, F. (2015). Optimisation of extraction of bioactive compounds from *Feronia limonia* (wood apple) fruit using response surface methodology (RSM). *Food Chem*, 173: 348-354.
- Iqbal, S., Younas, U., Sirajuddin, Chan, K.W., Sarfraz, R.A., Uddin, M.K. (2012). Proximate composition and antioxidant potential of leaves from three varieties of Mulberry (*Morus* sp.): A comparative study. *Int J Mol Sci*, 13: 6651-6664.
- İsbilir, Ş.S., Orak, H.H., Yagar, H., Ekinci, N. (2012). Determination of antioxidant activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) flowers and fruits at different ripening stages. *Acta Sci Pol-Hortorum Cultus*, 11(3): 223-237.
- İslam, A., Pehlivan, N.F. (2016). Marmara Adasında yetişen Kocayemişlerin (*Arbutus unedo* L.) pomolojik özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 13-20.
- Jovanovic-Malinovska, R., Kuzmanova, S., Winkelhausen, E. (2015). Application of ultrasound for enhanced extraction of prebiotic oligosaccharides from selected fruits and vegetables. *Ultrason Sonochem*, 22: 446-453.
- Lee, L., Lee, N., Kim, Y.H., Lee, C., Hong, S.P., Jeon, Y., Kim, Y. (2013). Optimization of ultrasonic extraction of phenolic antioxidants

- from green tea using response surface methodology. *Molecules*, 18: 13530-13545.
- Liyana-Pathirana, C., Shahidi, F. (2005). Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. *Food Chem*, 93: 47-56.
- López C.J., Caleja, C., Prieto, M.A., Sokovic, M., Calhella, R.C., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. (2019). Stability of a cyanidin-3-O-glucoside extract obtained from *Arbutus unedo* L. and incorporation into wafers for colouring purposes. *Food Chem*, 275: 426-438
- Ma, Y., Li, X., Hou, L-X., Wei, A-Z. (2019). Extraction solvent affects the antioxidant, antimicrobial, cholinesterase and HepG2 human hepatocellular carcinoma cell inhibitory activities of *Zanthoxylum bungeanum* pericarps and the major chemical components. *Ind Crop Prod*, 142: 111872.
- Males, E., Plazibat, M., Vundac, V. B., Zuntar, I. (2006). Qualitative and quantitative analysis of flavonoids of the strawberry tree – *Arbutus unedo* L. (Ericaceae). *Acta Pharm*, 56: 245-250.
- Malheiro, R., Sá, O., Pereira, E., Aguiar, C., Baptista, P., Pereira, J.A. (2012). *Arbutus unedo* L. leaves as source of phytochemicals with bioactive properties. *Ind Crop Prod*, 37: 473-478
- Mello, L.D., Alves, A.A., Macedo, D.V., Kubota, L.T. (2005). Peroxidase-based biosensor as a tool for a fast evaluation of antioxidant capacity of tea. *Food Chem*, 92: 515-519.
- Mendes, L., de Freitas, V., Baptista, P., Carvalho, M. (2011). Comparative antihemolytic and radical scavenging activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaf and fruit. *Food Chem Toxicol*, 49 (9): 2285-2291.
- Metrouh-Amir, H., Duarte, C.M.M., Maiza, F. (2015). Solvent effect on total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of *Matricaria pubescens*. *Ind Crop Prod*, 67: 249-256.
- Mokrani, A., Madani, K. (2016). Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Sep Purif Technol*, 162: 68-76.
- Morgado, S., Morgado, M., Plácido, A.I., Roque, F., Duarte, A.P. (2018). *Arbutus unedo* L.: From traditional medicine to potential uses in modern Pharmacotherapy. *J Ethnopharmacol*, 225: 90-102.
- Musa, K.H., Abdullah, A., Jusoh, K., Subramaniam, V. (2011). Antioxidant activity of pink-fesh guava (*Psidium guajava* L.): Effect of extraction techniques and solvents. *Food Anal Methods*, 4: 100-107.
- Mustafa, R.A., Hamid, A.A., Mohamed, S., Bakar, F.A. (2010). Total phenolic compounds, flavonoids, and radical scavenging activity of 21 selected tropical plants. *J Food Sci*, 75 (1): C28-C35.
- Naeem, S., Ali, M., Mahmood, A. (2012). Optimization of extraction conditions for the extraction of phenolic compounds from *Moringa oleifera* leaves. *Pak J Pharm Sci*, 25 (3): 535-541.
- Oliveira, I., Coelho, V., Baltasar, R., Pereira, J.A., Baptista, P. (2009). Scavenging capacity of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaves on free radicals. *Food Chem Toxicol*, 47: 1507-1511.
- Orak, H.H., Yagar, H., İşbilir, Ş.S., Demirci, Ş., Gümüş, T., Ekinci, N. (2011). Evaluation of antioxidant and antimicrobial potential of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaf. *Food Sci Biotechnol*, 20(5): 1249-1256.
- Özcan, M.M. and Haciseferoğulları, H. (2007). The Strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *J Food Eng*, 78: 1022-1028.
- Pabuçcuoğlu, A., Kivçak, B., Baş, M., Mert, T. (2003). Antioxidant activity of *Arbutus unedo* leaves. *Fitoterapia*, 74: 597-599.
- Pallauf, K., Rivas-Gonzalo, J.C., del Castillo, M.D., Cano, M.P., de Pascual-Teresa, S. (2008). Characterization of the antioxidant composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits. *J Food Compos Anal*, 21: 273-281.
- Pawlowska, A.M., De Leo, M., Braca, A. (2006). Phenolics of *Arbutus unedo* L. (Ericaceae) fruits: Identification of anthocyanins and gallic acid derivatives. *J. Agric. Food Chem*, 54: 10234-10238.

- Pinelo, M., Arnous, A., Meyer, A.S. (2006). Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends Food Sci Technol*, 17: 579-590.
- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med*, 20(7): 933-956.
- Routray, W., Orsat, V. (2012). Microwave-assisted extraction of flavonoids: A review. *Food Bioprocess Technol*, 5: 409-424.
- Spigno, G., Tramelli, L., De Faveri, D.M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *J Food Eng* 81: 200-208.
- Thoo, Y.Y., Ho, S.K., Liang, J.Y., Ho, C.W., Tan, C.P. (2010). Effects of binary solvent extraction system, extraction time and extraction temperature on phenolic antioxidants and antioxidant capacity from mengkudu (*Morinda citrifolia*). *Food Chem*, 120: 290-295.
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y.S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chem*, 99: 835-841.
- Tzanova, M., Atanasov, V., Yaneva, Z., Ivanova, D., Dinev, T. (2020). Selectivity of current extraction techniques for flavonoids from plant materials. *Processes*, 8, 1222.
- Üstündağ, Ö.G., Erşan, S., Özcan, E., Özcan, G., Kayra, N., Ekinci, F.Y. (2016). Black tea processing waste as a source of antioxidant and antimicrobial phenolic compounds. *Eur Food Res Technol*, 242: 1523-1532.
- Vural, N., Algan Cavuldak, Ö., Kenar, A., Akay, M.A. (2020). Green alcoholic solvent and UAE extraction of oleuropein from the *Olea europaea* L. leaves: Experimental design, optimization, and comparison with Pharmacopoeia method. *Sep Sci Technol*, 55 (10): 1813-1828.
- Wong, B.Y., Tan, C.P., Ho, C.W (2013). Effect of solid-to-solvent ratio on phenolic content and antioxidant capacities of "Dukung Anak" (*Phyllanthus niruri*). *Int Food Res J*, 20(1): 325-330.
- Yang, L., Yin, P., Fan, H., Xue, Q., Li, K., Li, X., Sun, L., Liu, Y. (2017). Response surface methodology optimization of ultrasonic-assisted extraction of *Acer Truncatum* leaves for maximal phenolic yield and antioxidant activity. *Molecules*, 22, 232.
- Yue, T., Shao, D., Yuan, Y., Wang, Z., Qiang, C. (2012). Ultrasound-assisted extraction, HPLC analysis, and antioxidant activity of polyphenols from unripe apple. *J Sep Sci*, 35: 2138-2145.
- Živković, J., Šavikin, K., Janković, T., Čujić, N., Menković, N. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenolic compounds from pomegranate peel using response surface methodology. *Sep Purif Technol*, 194: 40-47.

KARS PİYASASINDA SATIŞA SUNULAN YOĞURT, BEYAZ PEYNİR VE KARS KAŞAR PEYNİRLERİNİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Asya Çetinkaya*

Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye

Geliş / Received: 14.05.2021; Kabul / Accepted: 06.09.2021; Online baskı / Published online: 14.09.2021

Çetinkaya, A. (2021). Kars piyasasında satışa sunulan yoğurt, Beyaz peynir ve Kars kaşar peynirlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. GIDA (2021) 46 (5) 1233-1242 doi: 10.15237/gida.GD21060

Çetinkaya, A. (2021). Determination of physical and chemical properties of yoghurts, White cheese and Kars Kashar cheese sold in Kars, Turkey. GIDA (2021) 46 (5) 1233-1242 doi: 10.15237/gida.GD21060

ÖZ

Bu araştırma, Kars piyasasında satışa sunulan yoğurt, Beyaz peynir ve Kars Kaşar peynirlerinin, kimyasal ve fiziksel niteliklerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Materyal olarak 45 adet örnek kullanılmıştır. Kimyasal ve fiziksel analizler sonucunda: Yoğurt numunelerinin ortalama kuru madde, yağ, pH, titre edilebilir asitlik (%) ve serum ayrılması değerleri sırasıyla; %15.26, %3.76, 4.37, %1.38 ve 4.40 ml/25 g olarak belirlenmiştir. Nişasta testi, 2 örnek için pozitif olarak sonuçlanmıştır. Jelatin testi ise, yoğurt örneklerinin tümünde negatif sonuç vermiştir. Beyaz peynir örneklerinde ortalama kuru madde, yağ, titre edilebilir asitlik (%), tuz ve pH, değerleri sırasıyla %46.53, %17.66, %1.09 %4.43, 5.21 ve Kars Kaşar peyniri örneklerinde ise ortalama kuru madde, yağ, titre edilebilir asitlik (%), tuz ve pH değerleri sırasıyla %51.50, %28.09, %1.63 ve %4.03 ve 5.05 olarak tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin ikisinde nişasta testi pozitif olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Beyaz Peynir, Kaşar Peyniri, yoğurt, fizikokimyasal özellik

DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF YOGHURTS, WHITE CHEESE AND KARS KASHAR CHEESE SOLD IN KARS, TURKEY

ABSTRACT

This research was carried out to determine the chemical and physical properties of yoghurt, White cheese and Kars Kashar cheese offered for sale in the Kars market. Fortyfive samples were used as material. As a result of chemical and physical analysis average dry matter, fat, pH, titratable acidity (%) and serum separation values of yoghurt samples were determined respectively as 15.26%, 3.76%, 4.37, 1.38% and 4.40 ml/25 g. Starch test was positive for two samples. The gelatin test gave negative results in all of the yoghurt samples. In White cheese samples average dry matter, fat, titratable acidity (%), salt and pH values were 46.53%, 17.66%, 5.21, 1.09%, 4.43%, 5.21 and in Kars Kashar cheese samples average dry matter, fat, titratable acidity (%), salt and pH values were 51.50%, 28.09%, 1.63%, 4.03% and 5.04. Starch test was positive in two of the yoghurt samples.

Keywords: White Cheese, Kashar Cheese, yoghurt, physicochemical characteristic

* Yazışmalardan sorumlu yazar/ Corresponding author

✉: a_cetinkaya36@hotmail.com

☎: (+90) 505 617 8861

☎: (+90) 474 225 1281

Asya Çetinkaya; ORCID no: 0000-0002-6189-7929

GİRİŞ

Dengeli ve yeterli beslenmede, hayvansal gıda maddeleri önemli bir yere sahiptir. Hayvansal gıdalardan olan süt ve süt ürünleri daha çok tercih edilmektedir (Gödek vd., 2021). Süt ve süt ürünleri, insanoglunun hayatının devamını sağlaması için gerekli olan önemli besin maddelerindedir. Süt; bir insanın günlük ihtiyacı olan protein, kalsiyum, vitamin ve mineralleri yeterli ve dengeli bir şekilde içermektedir. Süt hacimli olması, naklinin zor olması ve çabuk bozulabilmesi gibi nedenlerden dolayı peynir gibi daha dayanıklı ürünlere işlenmesi gerekmektedir (Demirci, 1990).

Peynir, süt ürünleri arasında en çok üretilen ve sevilerek tüketilen bir ürün olmakla birlikte yüzyıllardan beridir bütün toplumların beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Tekinşen ve Tekinşen, 2005). Peynirin Türkiye’de coğrafi konumu itibariyle farklı kültürlerin bir araya geldiği ve geleneksel lezzetlerin sentezlendiği süt ürünleri içerisinde geniş bir ürün yelpazesine sahip olduğu bilinmektedir (Saygılı vd., 2020)

Kolay sindirilebilme özelliğinin yanı sıra yüksek kaliteli protein, vitaminler (A, D, E, K, B₂) ve mineraller bakımından da oldukça zengin bir besin ögesi olması, daha uzun süre muhafaza edilmesi ve geleneksel üretim çeşitliliğinden dolayı peynir, kültürel zenginliğin de bir işareti olarak görülmektedir (Tekinşen ve Tekinşen, 2005; Saygılı vd., 2020; Ayar vd., 2006). Ülkemizde yaygın olarak Beyaz peynir, Kaşar peyniri ve Tulum peyniri üretilmektedir.

Beyaz Peynir Standardında (TS, 591) “Çiğ sütlerin veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütlerin imalat tekniğine göre işlenmesi, bu işleme sırasında gerektiğinde katkı maddelerinin ilavesi ve olgunlaştırılması sonucu elde edilen mamuldür.” şeklinde ifade edilmiştir (Anonymous, 1995).

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği’ne göre ise Beyaz peynir: Ham maddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin, tekniğine uygun olarak işlenmesiyle üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre

taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen, çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren salamuralı peynirdir (Anonymous, 2015).

TS 3272/T1 standardına göre Kaşar peyniri; “İnek sütü, koyun sütü, keçi sütü, manda sütü ya da bunların karışımlarının tekniğine uygun olarak pastörize edildikten sonra işlenmesi ve gerektiğinde katkı maddeleri ilavesi sonucu elde edilen, olgunlaştırılmadan ya da olgunlaştırıldıktan sonra tüketilebilen, kendine özgü koku, renk, tat ve aroması olan sert yapılı ürün” olarak tanımlanmıştır (Anonymous, 1989).

Kars ilinde Beyaz peynir üretimi, çoğunlukla mandıra ve küçük aile işletmelerinde geleneksel yöntemle gerçekleştirilmektedir. 1926 yılından beri Kars’ta üretimi yapılmaya başlanan Kaşar peyniri, 2014 yılında coğrafi işaret almıştır (Demir, 2016). Kars’ta üretimi yapılan peynirler içerisinde Kaşar peyniri önemli bir yer teşkil etmek ile birlikte mandıralarda ve sanayi bölgesinde bulunan süt işletmelerinde geleneksel yöntemle üretilmektedir. Kars ilinde temel geçim kaynağını hayvancılık oluşturmaktadır. Elde edilen sütlerin temel değerlendirilme şekli peynir olup, ilde bulunan mandıra ve süt fabrikalarında özellikle Kaşar peynirine işlenmektedir. Mandıraların aynı zamanda toptan ve perakende satış yerleri bulunmakta, önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Kaşar peyniri üretiminin büyük çoğunluğu mevsimsel (nisan-ğustos) olarak gerçekleştirilmektedir. Kaşar peynirleri farklı büyüklüklerde üretilerek il içinde perakende ve il dışına farklı illere toptan olarak satışa sunulmakta, üzerinde üretici mandıranın ismi (marka şeklinde) bulunmaktadır. (Anonymous, 2016).

Türk Standartları Enstitüsü TS 1330 Yoğurt Standardında yoğurt; inek sütü, koyun sütü, manda sütü, keçi sütü veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün gerektiğinde süt tozu ilavesiyle (homojenize edilip veya edilmeden *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*’dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ve TS 10935-Yoğurt Yapım Kuralları Standardına uygun işlemlerden sonra elde edilen mamuldür şeklinde tanımlanmaktadır (Anonymous, 2006).

Yoğurt; yapısında kaliteli protein, karbohidrat ve lipit bulunan, kuru madde içeriği yüksek, ayrıca kalsiyum, potasyum, fosfor, magnezyum, çinko ve B vitaminleri bakımından da oldukça zengin bir süt ürünü olup, fonksiyonel bir gıda olarak değerlendirilmekte ve insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Şireli ve Onaran, 2012; Behare vd., 2015). Biyolojik değeri yüksek proteinleri içermesinin yanı sıra yoğurdun süte göre sindirilebilirliği 2 kat daha yüksektir (Kızılaslan ve Solak, 2016).

Yoğurt, diğer süt ürünlerine göre daha yüksek bir sindirim oranına sahip olması, antimikrobiyel özelliği ve laktozu yeterince tolere edemeyen kişiler tarafından rahatlıkla tüketilebilir olması gibi özellikleri nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Ayrıca yoğurdun mide, karaciğer ve safra ile ilgili hastalıklar ile diyare, kronik peklilik, kolit ve idrar yolları tedavisinde de etkili olduğu, dişler üzerinde plak oluşumuna neden olmadığından ağız ve diş sağlığı bakımından önemli bir gıda maddesi niteliği taşıdığı birçok kaynaktan bildirilmektedir (Bakırcı vd., 2015).

Hayvancılık bölgesi olan Kars ilinde peynir üretimi ve tüketimi ile ilgili durum, tüketici eğilimleri ile farklı markalara ait piyasada tüketime sunulan yoğurtların tüketici eğilimleri göz önünde bulundurularak yürütülen bu araştırmanın amacı, Kars ilinde tüketime sunulan Beyaz peynir, Kars Kaşar peyniri ile yoğurtların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi ve standartlara uygunluğunun araştırılmasıdır.

MATERYAL YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, Kars ilinde mevcut satış yerlerinde tüketime sunulan toplam 45 adet örnek (15 adet Beyaz peynir, 15 adet Kars Kaşar peyniri, 15 adet yoğurt) rutin satış prosedürüne ve ambalaj materyaline müdahale edilmeden tesadüfi örnekleme yöntemine göre temin edilip soğuk zincir altında (+4 °C) laboratuvara getirilmiş ve analizler tamamlanmaya kadar buzdolabı koşullarında (+4 °C) muhafaza edilmiştir.

Yöntem

Fiziksel ve kimyasal analizler

Fiziksel ve kimyasal analizler için 200 g numune bir blendarda (Interscience international Bagmixer* 400) homojen hale getirildikten sonra kullanılmıştır.

Örneklerin pH değeri, pH metrede (Thermo scientific), 20 ± 1 °C'de ölçülmüştür (Hannon vd., 2003). Toplam kuru madde içerikleri gravimetrik yöntemle (IDF, 2004), yağ içeriği Gerber metoduyla (IDF, 2008), tuz içeriği Mohr titrasyon yöntemine göre (Bradley vd., 1993), asidite değerleri % laktik asit cinsinden Türk Standartları Enstitüsü (1995)'nin önermiş olduğu metoda göre belirlenmiştir. Kuru maddede yağ ve kuru maddede tuz

$\% \text{ Kuru maddede yağ} = (\% \text{ Yağ} \times 100) / \% \text{ Kuru madde}$

$\% \text{ Kuru maddede tuz} = (\% \text{ Tuz} \times 100) / \% \text{ Kuru madde}$

formüllerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Jelatin tayini

Bir erlene yoğurt örneğinden 10 ml konularak üzerine 10 ml $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltisinden katılıp iyice çalkalanmıştır. Daha sonra üzerine 20 ml saf su eklenerek yeniden çalkalanmış ve 5 dakika kendi haline bırakılmıştır. Karışım süzgeç kâğıdından süzülmüş, bir deney tüpüne süzüntüden 5 ml alınıp üzerine 5 ml doymuş pikrik asit çözeltisi (%2'lik) ilave edilerek karıştırılmıştır. Bu deneyde şahit numune olarak jelatin ilave edilmediğinden emin olunan bir yoğurt örneği kullanılmıştır. Deney tüplerinde bulunan numunelerde görülen çökeltme veya bulutlanmalar, şahit numuneyle karşılaştırılarak sonuca varılmıştır (Tekinşen vd., 2002).

Nişasta tayini

Bir behere yoğurt örneğinden 3 ml konulup üzerine 3 ml distile su ilave edilerek iyice çalkalanmıştır. Daha sonra üzerine 2-3 damla lügol çözeltisi damlatılarak karıştırılıp mavi renk oluşumu pozitif, sarı renk oluşumu negatif olarak değerlendirilmiştir (Tekinşen vd., 2002).

Serum ayrılması değeri;

Yoğurt örneğinden bir erlenmayere 25 g alınarak $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 2 saat filtre kâğıdından süzülmesi ile ayrılan serum miktarının volumetrik yolla ölçülmesi ile belirlenmiştir (Atamer ve Sezgin, 1986).

İstatistiksel analizler

Araştırmada elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS (versiyon-20)

kullanılmıştır. Kimyasal analizlerin ortalama değerleri ile standart sapmaları hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kars piyasasında satışa sunulan yoğurt örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Yoğurt örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (n=15)

Table 1. Physical and chemical analysis results of yoghurt samples

Nitelik/ Characteristic	Aralık/Range	Ortalama± Standart hata /Mean± SD
Kurumadde (%) / Dry matter (%)	12.79-17.44	15.26±1.61
Yağ (%) / Fat (%)	3.48-4.00	3.76±0.15
pH	4.21-4.49	4.37±0.09
Titrasyon asitliği (%) /Titratable acidity (%)	1.19-1.59	1.38±0.12
Serum ayrılması (ml/25g)/ Serum separation (ml/ 25 g)	4.00-5.49	4.40±0.55
Nişasta/Starch	++	++
Jelatin / Gelatin	-	-

SS: Standart hata SD: Standart deviation

Yapılan araştırmada, yoğurt örneklerinin laktik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değerleri %1.19-1.59 arasında ortalama olarak %1.38; pH değerleri 4.21-4.49 arasında ortalama olarak 4.37; kuru madde miktarı %12.79-17.49 arasında, ortalama olarak %15.26; yağ miktarı %3.48-4.00 arasında, ortalama olarak %3.80; serum ayrılması değerleri ise 4.00- 5.49 ml/25 g arasında, ortalama olarak 4.40 ml/25 g olarak tespit edilmiştir. İncelenen tüm yoğurt örneklerinin jelatin değerleri negatif olarak tespit edilmiştir. 15 yoğurt örneğinin ikisinde (1-8) nişasta tespit edilmiş olup diğer örneklerde belirlenmemiştir.

TS-1330 Yoğurt Standardında: Titre edilebilir asitlik (% l.a) %0.80-%1.60, tam yağlı yoğurtların kuru madde düzeyinin en az %15.82 olması gerektiği bildirilmiştir. Ayrıca tam yağlı yoğurt en az %3.8; yağlı yoğurt en az %3.0; yarım yağlı yoğurt en az %1.5; az yağlı yoğurt en fazla % 1.5; yağsız olan yoğurt ise en çok % 0.15 olarak verilmiştir.

Yoğurt örneklerinin asitlik değerleri, Kaaracaoğlu ve Özdemir (2021)'in buldukları değerden düşük,

Arslan ve Bayrakçı (2016), Tavşanlı vd. (2020), Eren Karahan (2016) ve Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen bulgulardan yüksek, Yönet ve Tekinşen (2021) tarafından elde edilen bulgular aralığında belirlenmiştir.

Yoğurt örneklerinin pH değerleri, Kaaracaoğlu ve Özdemir (2021), Arslan ve Bayrakçı (2016) ve Çetin vd. (2014) tarafından elde edilen bulgulardan düşük, Tavşanlı vd. (2020), Eren Karahan (2016) ve Bakırcı vd. (2015) tarafından elde edilen bulgulardan yüksek olarak tespit edilmiştir. Genellikle pH değeri ile % asitlik değeri arasında ters bir orantı bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak asitliği arttıran etkenler, pH değerinin düşmesine neden olmaktadır. Yoğurt üretimi esnasında süte fazla maya ilave edilmesi, yoğurt bakterilerinin birbirine oranının istenilen düzeyde olmaması, inkübasyon sıcaklığının yüksek olması, inkübasyon süresinin uzun olması ve inkübasyon sonrası muhafaza sıcaklığının yüksek olması gibi faktörler bu etkenler arasında yer almaktadır (Bakırcı vd., 2015).

Kuru madde miktarı, yoğurdun aroması, konsistens ve vizkozitesi üzerine etki etmektedir (Üçüncü, 2018). Örneklerin kuru madde miktarı, Arslan ve Bayrakçı (2016) tarafından elde edilen bulgulardan düşük, Tavşanlı vd. (2020)'ın belirledikleri değere benzer, Eren Karahan (2016) ve Bakırcı vd. (2015) tarafından elde edilen bulgulardan yüksek olarak tespit edilmiştir.

Yağ, kuru maddeyi meydana getiren önemli bileşenlerden birini oluşturmaktadır. Yoğurt örneklerinin yağ oranı %3.48-4.00 aralığında değişim göstermiş olup ortalama yağ miktarı %3.76'dır.

Örneklerin ortalama yağ miktarı; Eren-Karahan (2016) ve Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen bulgulardan düşük, Kaaracaoğlu ve Özdemir (2021), Arslan ve Bayrakçı (2016), Tavşanlı vd. (2020) ve Bakırcı vd. (2015) tarafından elde edilen bulgulardan yüksek olarak belirlenmiştir. Yoğurt örneklerindeki yağ oranları diğer araştırmacıların sonuçlarıyla farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların kullanılan sütün çeşidi, yoğurtların üretim koşulları yoğurtların tipi gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yoğurt ürünlerinde istenmeyen bir özellik olan sinerezis olarak bilinen serum ayrılması, üründeki protein ağında tutulan sıvı fazın herhangi bir dış zorlama olmaksızın jel yapısından kendiliğinden ayrılması şeklinde oluşan yapısal kusurdur. Yüksek inkübasyon sıcaklığı ve hızlı asitlik değişimleri serum ayrılmasını hızlandıran temel nedenler arasındadır (Aydemir, 2019). Yoğurtların depolanması sırasında yoğurt kalitesini gösteren en önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir (Senaka Ranadheera vd., 2012).

Yoğurt örneklerine ait serum ayrılması sonuçları; 4.00-5.49 ml/25g değerleri arasında değişim göstermekte olup ortalama 4.40 ml/25g olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Elde edilen değerler, Demirkaya ve Ceylan (2013) ve Bakırcı vd. (2015)'nın belirledikleri değerden düşüktür. Yoğurt örneklerindeki değerler ile diğer araştırmacıların buldukları değerler arasındaki farklılıkların kullanılan starter kültür çeşitliliğinden, inkübasyon sıcaklıklarındaki

farklılık veya kullanılan katkı maddelerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Nişasta, kuru madde ve kıvamı arttırmak amacıyla yoğurt üretiminde genel olarak yoğurda işlenecek süte ilave edilebilmektedir. Nişastanın, yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerine katılma oranları, nişasta çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir (Bakırcı vd., 2015). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde; fermantasyon sonrası ısı işlem görmüş fermente süt ürünlerinde ve çeşnili fermente süt ürünlerinde jelatin ve nişasta kullanılabilir hükmü bulunmakta (Anonymous, 2009) iken TS 1330 Yoğurt Standardında nişasta ile ilgili herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. İncelenen yoğurt örneklerinin ikisinde nişasta tespit edilmiştir. Bakırcı vd. (2015) inceledikleri yoğurt örneklerinin üçünde nişasta tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Piyasadan toplanan Beyaz peynir örneklerine ait analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Yapılan araştırmada, Beyaz peynir örneklerinin titre edilebilir asitlik değerleri %0.58-1.80 arasında ortalama %1.09; pH değerleri 4.97-5.84 arasında ortalama 5.21; kuru madde miktarı %34.16-59.63 arasında ortalama %46.53; yağ miktarı %15.01-21.00 arasında ortalama %16.66; kuru maddede yağ %34.69-47.50 arasında ortalama %38.8; tuz %2.04-3.23 ortalama %2.55 ve kuru maddede tuz %4.81-6.45 arasında ortalama %5.32 olarak tespit edilmiştir.

Beyaz peynir örneklerinin asitlik değerleri, Yalçın vd. (2007), Deveci (2016) ve Mohamed ve El Zubeir (2018) Sudan'nın Khartoum eyaletinde Beyaz peynir örneklerinde buldukları değerden yüksek, Kumar vd. (2014) tarafından elde edilen bulgulara yakın, Harmankaya ve Harmankaya (2020) ve Akel ve Alemdar (2016) tarafından elde edilen bulgulardan düşük olarak belirlenmiştir.

Peynir örneklerinin pH değerleri, Harmankaya ve Harmankaya (2020), Deveci (2016) ve Akel ve Alemdar (2016) tarafından elde edilen bulgulardan yüksek, Hayaloğlu vd. (2005)'nın belirledikleri değer aralığında ve Yalçın vd. (2007)'nin buldukları değerden düşük tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Beyaz Peynir örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (n=15)
 Table 2. Physical and chemical analysis results of White Cheese samples

Nitelik/ <i>Characteristic</i>	Aralık/ <i>Range</i>	Ortalama± Standart hata/ <i>Mean± SD</i>
Kurumadde (%) / <i>Dry Matter (%)</i>	34.16-59.63	46.53±7.71
Yağ (%) / <i>Fat (%)</i>	15.01-21.00	17.66±1.85
Kurumadde de yağ (%) / <i>Fat in dry matter (%)</i>	34.69-47.50	38.82±6.76
pH	4.97-5.84	5.21±0.25
Titrasyon asitliği (%) / <i>Titrateable acidity (%)</i>	0.58-1.81	1.09±0.51
Tuz (%) / <i>Salt (%)</i>	2.04-3.23	2.55±0.43
Kurumadde de tuz (%) / <i>Salt in dry matter (%)</i>	4.81-6.45	5.32±0.48

Örneklerin ortalama yağ miktarı Mohamed ve El Zubeir (2018) ve Harmankaya ve Harmankaya (2020) ve Akel ve Alemdar (2016) 'ın buldukları değerden düşük, kuru maddede yağ oranı ise Hayaloğlu vd. (2005) ve Yalçın vd. (2007) ve Akel ve Alemdar (2016)'ın buldukları değerden düşük belirlenmiştir.

Analiz edilen Beyaz peynir örneklerinde tuz miktarı, Mohamed ve El Zubeir (2018) ve Hayaloğlu vd. (2005) ve Yalçın vd. (2007) ve Akel ve Alemdar (2016) 'ın buldukları değerden düşük, Devenci (2016)'nın bulunduğu değer aralığında belirlenmiştir. Kuru maddede tuz oranları, Akel ve Alemdar (2016)'ın buldukları değerden düşük tespit edilmiştir.

Peynir örneklerinin yağ, kuru madde ve tuz değerlerinin diğer araştırmacıların sonuçları ile

farklı olmasında; kullanılan sütün türü, peynirin çeşidi, üretim ve olgunlaşma süresi, tuzlama koşulları gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceğini ifade edebiliriz.

İncelenen Kars Kaşar peyniri örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan araştırmada, Kars Kaşar peyniri örneklerinin titre edilebilir asitlik değerleri %1.05- 1.91 arasında ortalama olarak %1.63; pH değerleri 4.80-5.28 arasında ortalama olarak 5.04; kuru madde miktarı %53.00-59.98 arasında ortalama olarak %56.37; yağ miktarı %24.01-39.99 arasında ortalama olarak %28.09; kuru maddede yağ % 44.89-53.32 arasında ortalama olarak %49.74; tuz %3.25-4.17 ortalama %3.73 ve kuru maddede tuz %6.04-7.49 arasında ortalama %6.64 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Kars Kaşar peyniri örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (n=15)
 Table 3. Physical and chemical analysis results of Kars Kashar cheese samples

Nitelik / <i>Characteristic</i>	Aralık/ <i>Range</i>	Ortalama± Standart hata/ <i>Mean± SD</i>
Kurumadde (%) / <i>Dry Matter (%)</i>	53.00-59.98	56.37±2.54
Yağ(%) / <i>Fat (%)</i>	24.01-30.99	28.09±2.57
Kurumadde de yağ (%) / <i>Fat in dry matter (%)</i>	44.89-53.32	49.74±2.63
pH	4.80-5.28	5.04±0.16
Titrasyon asitliği / (%) <i>Titrateable acidity (%)</i>	1.05-1.91	1.63±0.22
Tuz (%) / <i>Salt (%)</i>	3.25-4.17	3.73±0.32
Kurumadde de tuz (%) / <i>Salt in dry matter (%)</i>	6.04-7.49	6.64±0.66

Kars Kaşar peynir örneklerinin asitlik değerleri, Göze (2018) ve Yangılar (2014)'ın buldukları değer aralığında, Okumuş (2019), Doğan (2018) ve Hayaloğlu (2009)'un Kaşar peynirinde buldukları değerden yüksek olarak belirlenmiştir.

Peynir örneklerinin pH değerleri, Yangılar (2014) tarafından elde edilen bulgulara yakın, Badem ve Uçar (2016) ve Hayaloğlu (2009)'ın belirledikleri değerden düşük tespit edilmiştir.

Peynir örneklerinin kuru madde oranları, Doğan (2018)'in Ezine eski Kaşar peynirlerinde belirledikleri değerler aralığında, Badem ve Uçar (2016)'ın buldukları değere yakın, Yılmaz (2019) tarafından tespit edilen değerden düşük, Okumuş (2019) ve Yangılar (2014) tarafından belirlenen değerlerden yüksek tespit edilmiştir.

Örneklerin ortalama yağ miktarı Okumuş (2019) ve Badem ve Uçar (2016)'ın buldukları değerden yüksek, Yangılar (2014) tarafından elde edilen bulgulara yakın tespit edilmiştir.

Kuru maddede yağ oranı ise, Hayaloğlu (2009) ve Badem ve Uçar (2016)'ın buldukları değerden yüksek belirlenmiştir.

Kars Kaşar peynir örneklerinde tuz miktarı, Yangılar (2014) tarafından elde edilen bulgulardan düşük, Okumuş (2019) tarafından belirlenen değerden yüksektir.

Kuru maddede tuz oranları, Yangılar (2014) tarafından elde edilen bulgulardan düşük, Hayaloğlu (2009)'nun bulunduğu değere yakın, Badem ve Uçar (2016)'ın buldukları değerden yüksek tespit edilmiştir.

Peynir örneklerinin yağ, kuru madde ve tuz değerlerinin diğer araştırmacıların sonuçları ile farklı olmasında; peynirin çeşidi, kullanılan sütün türü, üretim ve olgunlaşma süresi, tuzlama koşulları gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceğini ifade edebiliriz.

SONUÇ

Bu çalışmada, Kars piyasasında tüketime sunulan yoğurt, Beyaz peynir ve Kars Kaşar peynirinin fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, piyasadaki temin edilen yoğurt örneklerine ait titre edilebilir asitlik değerleri standartlar aralığında, yoğurt örneklerinin ortalama kuru madde oranı %15.26 ve kuru maddedeki yağ oranı ortalama %3.76 olarak belirlenmiş olup bu değer, yoğurt standardında tam yağlı yoğurt için belirtilen değere yakındır. Yoğurt örneklerinin hiçbirinde jelatin tespit edilmeyip, iki örnekte nişasta

belirlenmiştir. Kars Kaşar peynir örneklerindeki yağ oranı (%44.89-53.32) ortalama olarak %49.54 olup, Kaşar Peyniri Standardında kuru maddede yağ oranına göre yapılan sınıflandırmaya göre tam yağlı peynir grubunda yer almakta, tuz oranının %3-7 arasında olması gerektiği ifade edilmekte, peynir örneklerindeki ortalama kuru maddede tuz oranı %6.64 olup, standart aralığı içinde yer almaktadır. Beyaz Peynir Standardında; titrasyon asitliğinin en çok %3 olması gerektiği belirtilmekte, beyaz peynir örneklerinin titrasyon asitliği değeri %0.58-1.80 aralığında ortalama %1.09 olup, Beyaz Peynir standardına uyum göstermektedir. Tuz miktarı standartta en çok %10 ve Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde ise olgunlaştırılmış ve taze Beyaz peynirde %6.5 olarak verilmiştir. Peynir örneklerinin tuz oranları, Beyaz Peynir Standardı ve Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'ne uyum göstermektedir. Kuru maddede süt yağı miktarına (ortalama %38.82) göre beyaz peynir örnekleri, orta yağlı peynirler grubunda yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar Kars ilinde tüketime sunulan Beyaz peynir ve Kaşar peyniri kimyasal özellikler bakımından TSE 3272 Kaşar peyniri ve TSE 591 standardına uygun olduğunu göstermektedir. Kars ilinde üretilerek tüketime sunulan ve beslenmede önemli rol oynayan süt ürünlerinin çeşitli özelliklerinin belirlenmesi için daha fazla araştırma yapılmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

KAYNAKLAR

Anonymous (1995). Beyaz Peynir Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, TS 591, Ankara.

Anonymous (1989). Kaşar Peynir Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, TS 3272, Ankara.

Anonymous (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği (Tebliğ No: 2009/25) Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. 16 Şubat 2009 tarih ve 27143 sayılı Resmî Gazete, Ankara

Anonymous (2006). Yoğurt Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, TS 1330, Ankara.

- Anonymous (2016). "Kars 2015 yılı süt ve ürünleri kapasite raporu," Kars Sanayi ve Ticaret Odası Müdürlüğü, Kars/Türkiye.
- Anonymous (2015). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6) Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı. 08 Şubat 2015 tarih ve 29261 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Akel, E., Alemdar, S. (2016). Van'da tüketime sunulan Feta peynirlerinin mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Türk J Agr- Food Sci Techn*, 4(11): 999-1005. doi:10.24925/turjaf.v4i11.999-1005.950
- Arslan, S., Selma Bayrakçı, S. (2016). Physicochemical, functional, and sensory properties of yogurts containing persimmon. *Türk J Agr Forest*, 40: 68-74. doi:10.3906/tar-1406-150
- Atamer, M., Sezgin, E. (1986). Yoğurtlarda kurumadde artımının pıhtının fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *GIDA*, 11(6): 327-331.
- Ayar, A., Akın N. ve Sert D. (2006). Bazı peynir çeşitlerinin mineral kompozisyonu ve beslenme yönünden önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, Türkiye, 319-322s.
- Aydemir, S. (2019). Spirulina platensis katılarak üretilmiş yoğurtların özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye 103s.
- Badem, A., Uçar, G. (2016). A study on chemical and microbiological properties of Kashar cheese produced without using starter culture. *Eurasian J Vet Sci*, 32(3): 188-192. doi:10.15312/EurasianJVetSci.2016318399
- Bakırcı, İ., Tohma, G.S., Kavaz Yüksel, A. (2015). Erzurum piyasasında satışa sunulan yoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 13(2): 127-134.
- Behare P, Lule VK, Patil P. (2015). Yogurt: Dietary Importance. *Encyclopedia of Food and Health*.
- Bradley, R. L., Arnold, E., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E., Vines, B.K. (1993). Chemical and physical methods (R. T. Marshall, editor). Standart methods for examination of dairy products, 16th Edn, American Public Health Association, Washington Dc, Pp:433-531.
- Çetin, B., Atik, A., Karasu, S. (2014). Kırklareli'nde üretilen yoğurt ve ayranların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi. *Akademik Gıda*, 12(2): 57-60.
- Doğan, M.A. (2018). Ezine eski Kaşar peynirinin karakteristik bazı özelliklerinin belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye. 97 s.
- Demirci M. (1990). Peynirin beslenmedeki yeri ve önemi. *GIDA*, 15(5) 285-289.
- Demirkaya, A.K., Ceylan, Z.G. (2013). Bilecik'te tüketime sunulan yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Atatürk Üniv Vet Bilimleri Dergisi*, 8(3): 202-209.
- Deveci, F. (2016). Beyaz peynir üretiminde kullanılan farklı baharat türlerinin olgunlaşmaya etkilerinin araştırılması. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ordu, Türkiye. 98s.
- Eren Karahan, L. (2016). Batman'da tüketime sunulan yoğurtların bazı kimyasal ve tekstürel özellikleri. *Batman Üniv Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2): 59-65.
- Gödek, Z., Mustafa, N., Semerci, A.B., Tunç, K. (2021). Sakarya ilindeki halk pazarlarında açıkta satılan Beyaz peynirlerin mikrobiyal kalitelerinin belirlenmesi. *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1): 44-49.
- Göze, D. (2018). Kaşar peynirinin olgunlaşmasının hızlandırılmasında otolitik özellikli *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*'in kullanımı. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Burdur, Türkiye, 56 s,
- Hannon, J. K., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., Wallace, C. M., Morrissey, P. A., Beresford, T. P. (2003). Use of autolytic starter systems to accelerate the ripening of Cheddar cheese. *Int*

- Dairy J*, 13(11):313- 323. doi:10.1016/S0958-6946(02)00178-4
- Harmankaya, S., Harmankaya, A.(2020). Investigation of some microbiological and chemical properties of different cheeses. *Bitlis Eren Üniv Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3): 1389-1400. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.658163>
- Hayaloglu, A.A., Guven, M., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H. (2005). Influence of starters on chemical, biochemical, and sensory changes in Turkish White-brined cheese during ripening. *J Dairy Sci*, 88(10): 460-3474. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73030-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73030-7)
- Hayaloglu, A. (2009). Volatile composition and proteolysis in traditionally produced mature Kashar cheese, *Int J Food Sci Technol*, 44: 1388-1394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01968.x>
- IDF (2004). Cheese and processed cheese. Determination of the total solids content (Reference Method). ISO 5534:2004 (IDF 4: 2004). International Organization for Standardization.
- IDF (2008). Cheese determination of fat content. butyrometer for Van Gulik method. ISO 3432:2008 (IDF 221: 2008). International Organization for Standardization.
- Kaaracaoğlu, Ş., Özdemir, S. (2021). Mahalli ve ulusal düzeyde üretilerek Erzurum piyasasında tüketime sunulan yoğurtların bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22: 381-392, doi: 10.31590/ejosat.845025)
- Kızılaslan, N., Solak, İ. (2016). Yoğurt ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12: 52-59.
- Kumar, S., Kanawjia, S.K., Kumar, S., Khatkar, S. (2014). Comparative study of buffalo and cow milk Feta-type cheese with respect to sensory and biochemical characteristics during ripening. *J Food Processing and Preservation*, 38(3):823-829. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12036>
- Mohamed, O.A.E., El Zubeir, I.E.M. (2018). Comparative study on chemical and microbiological properties of white cheese produced by traditional and modern factories. *Annals Food Sci Technol*, 19(1): 111-120.
- Demir, M. (2016). Coğrafi işaret örneği olarak Kars Kaşar peynirinin üretimi ve dağılımı. *Kafkas Üniv Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1: 61-81. doi:10.9775/kausbed.2021.001
- Okumuş, M. (2019). Kaşar peynirinin fiziko-kimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine manda sütü kullanımının etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 131 s.
- Üçüncü, M. (2018). *Süt ve mamulleri teknolojisi*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, Türkiye, 567s, ISBN: 978-975-98951-3-6
- Saygılı, D., Demirci, H., Samav, U. (2020). Coğrafi işaretli Türkiye peynirleri. *Aydın Gastronomi*, 4(1):11-21. doi:10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/2020.401/gas_v04i1002
- Senaka Ranadheera, C., Evans, CA., Adams, MC., Baines, SK. (2012). Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chem*, 135(3): 1411-1418. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.025>
- Şireli U, Onaran B. (2012). Yoğurt ve yoğurdun insan sağlığı açısından yararları, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.
- Tekinşen, O.C., Atasever, M., Keleş, A., Tekinşen, K.K. (2002). *Süt, yoğurt, tereyağı, peynir üretim kontrol*. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya. ISBN: 975-448-123-3. 91s.
- Tekinşen OC., Tekinşen KK., 2005. *Süt ve Süt Ürünleri; Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü*. Selçuk Üniversitesi Basım Evi, Konya, Türkiye, 344s. ISBN: 975-95678-1-7.
- Tavşanlı, H., Gökmen, M., Önen A. (2020). Balıkesir ilinde semt pazarlarında satışa sunulan yoğurtların fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen*

Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1): 318-326.
doi:10.25092/baunfbed.680814

Yalçın, S., Ardıç, M., Nizamlıoğlu, M. (2007). Urfa peynirinin bazı kalite nitelikleri. *Atatürk Üniv Vet Bilimleri Dergisi*, 2 (3): 90-95.

Yangılar, F. (2014). Ardahan Kaşar peynirlerinin mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3):1-9.

Yılmaz, F. (2019). Kaşar peyniri üretiminde sonikasyon uygulanmış bazı laktobasillerin

peynirin olgunlaşması ve kalitesi üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, 164 s. Erzurum, Türkiye.

Yönet, M., Tekinşen, K.K. (2021). İstanbul yöresinde tüketime sunulan yoğurtların jelatin ve nişastalı maddeler yönünden incelenmesi ile muhafaza süresince bazı kimyasal nitelikleri. *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi*, 1: 27-37.



YAYIKALTI İÇECEĞİNİN FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE UÇUCU BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

Çisem Öge¹, Yonca Karagül Yüceer^{2*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ezine Meslek Yüksekokulu, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Geliş / Received: 05.05.2021; Kabul / Accepted: 13.08.2021; Online baskı / Published online: 20.09.2021

Öge, Ç., Karagül Yüceer, Y. (2021). Yayıkaltı içeceğinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri ile uçucu bileşenlerinin belirlenmesi. GIDA (2021) 46 (5) 1243-1255 doi: 10.15237/gida.GD21082

Öge, Ç., Karagül Yüceer, Y. (2021). Determination of physicochemical and sensory properties and volatile compounds of buttermilk drink. GIDA (2021) 46 (5) 1243-1255 doi: 10.15237/gida.GD21082

ÖZ

Bu çalışmada yayıkaltı suyunun farklı mikroorganizmalarla fermentasyonu ile üretilen içeceklerin karakteristik bazı özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Toz halindeki yayıkaltının %10'luk çözeltisi ile belirli oranlarda (% 0, 25, 50, 75, 100) çiğ süt karışımına ısı işlem uygulandıktan sonra örnekler *L. acidophilus* (LA) kültürü ve *L. acidophilus*, *Bifidobacteria* ile *S. thermophilus* karışık kültürü (ABT) ilave edilerek 37°C'de, yaklaşık 4.8 pH'ya kadar inkübe edilmiştir. Ürünlerin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri ve uçucu bileşenleri depolama süresince belirlenmiştir. İçeceklerde yayıkaltı suyu oranı azaldıkça yağ, kurumadde ve protein oranları artmıştır. Örneklerde uçucu bileşenler gaz kromatografisi kütle spektrometrisi kullanılarak belirlenmiştir. Tüm örneklerde belirlenen uçucu bileşikler aseton, 2,3-butandion, asetoin, toluen, 2-heptanon, limonen, ökaliptol, asetik asit ve butanoik asit olmuştur. Yayıkaltı içeceklerinde pişmiş, kremamsı, süthane/sütümsü, fermente, karton, yosun, sabunsu, depo, tatlı, tuzlu, buruk ve acı terimleri duyuşal değerlendirmeler sonucunda belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yayıkaltı, fizikokimyasal özellik, uçucu bileşen, duyuşal

DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES AND VOLATILE COMPOUNDS OF BUTTERMILK DRINK

ABSTRACT

In this study, determination of characteristics some properties of beverages produced by fermentation of buttermilk by different microorganisms was aimed. After heat treatment was carried out by adding different amounts of raw milk (0, 25, 50, 75, 100 %) to 10 % of buttermilk solution, *L. acidophilus* (LA) culture and *L. acidophilus*, *Bifidobacteria* and *S. thermophilus* mixed culture (ABT) were added to samples and incubated at 37°C to a pH of about 4.8. Physicochemical and sensory properties and volatile compounds of the products were determined during storage. As the amount of milk by-products decreased, the fat, dry matter and protein ratios increased in buttermilk beverages. Volatile compounds in the samples were determined by using gas chromatography mass spectrometry. The volatile compounds determined in all samples were acetone, 2,3-butanedione, acetoin, toluene, 2-heptanone, limonene, eucalyptol, acetic acid and butanoic acid. The terms cooked, creamy,

*Yazışmalardan sorumlu yazar/ Corresponding Author

✉: yoncayuceer@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 00 18 / 20051

☎: (+90) 286 218 05 41

Çisem Öge; ORCID no: 0000-0002-3769-5526

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

dairy/milky, fermented, cardboard, algae, soapy, warehouse, sweet, salty, astringent, and bitter in probiotic beverages were determined as a result of sensory evaluation.

Keywords: Buttermilk, physicochemical property, volatile compounds, sensory

GİRİŞ

Günümüzde ulaşılabilir gıdanın niceliğinden çok niteliğinin önem kazanmasının yanı sıra tüketicinin çevreye karşı koruyuculuğunun da artması ile önemli bileşenlere sahip gıda yan ürünlerine ilgi artmıştır. Kolay ulaşılabilir olması nedeniyle süt, fonksiyonel özellikleri ve fermentasyona uygun hammadde olarak birçok çeşitte ürün üretimine olanak sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde önemli bir paya sahip olan süt ve ürünlerinin var olan yan ürün ve atık kapasitesi de buna bağlı olarak artmaktadır. Her ne kadar yan ürün ve atık olarak akla ilk gelen çevre sorunları olsa da gıda sektörü açısından yaklaşım besleyici özellik bakımından zengin olan çıktıların değerlendirilmesidir.

Ulusal Süt Konseyi'nin 2019 yılı Süt Raporunda, süt ürünlerinin üretim ve uluslararası ticaretinde en büyük paya sahip ürünler arasında tereyağı da yer almaktadır. Ülkemizde tereyağı üretimi aralık ayı baz alınarak TÜİK tarafından 2019 yılına göre 2020 yılında %16.3 artış göstermiştir (TÜİK, 2020).

Yayıkaltı, tereyağı üretimi sırasında açığa çıkan besleyici ve fonksiyonel bileşenler içeren önemli bir yan üründür (Morin vd., 2007; Yıldırım ve Güzeller, 2013). Her 100 kg tereyağı üretiminde yaklaşık 166 kg yayıkaltı suyu açığa çıkmaktadır. Bileşim yönünden yağsız süt ile benzerlik gösteren yayıkaltı suyu ortalama % 5.1 laktoz, % 3.5 protein, % 0.8 kül ve % 0.1 yağ içermektedir (Küçük, 2013; Madenci vd., 2013).

Peyniraltı suyu gibi yayıkaltı suyu da birçok gıda üretiminde yapı iyileştirme, kıvam verme, jel oluşturma gibi olumlu katkılarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu olumlu özelliklerinin yanında biyoaktif bileşikleri nedeniyle yayıkaltı suyu besleyici yönden de önem kazanmaktadır. Yayıkaltı suyunun biyoaktif özellikleri protein ve süt fosfolipitlerinden ileri gelmektedir. Tereyağı üretiminde kremaya uygulanan mekanik çalkalama ile parçalanmış yağ globülü zarı ile protein, laktoz, mineraller ve bazı yağlar yayıkaltı

suyuna geçmektedir. İnce yapıdaki süt yağ globülü zarı kurumaddede % 4.43 fosfolipid, % 13.4 kazein, % 20.1 serum proteinleri ve % 21.6 zar proteinleri içermektedir (Morin vd., 2007; Cumhuriyet, 2008). Ayrıca son zamanlarda yapılan araştırmalar ile tereyağı üretiminde parçalanmış süt yağ globül zarından geldiği bilinen ve küçük miktarlarda olmasına karşın beslenme açısından önemli bulunan 130 farklı protein izole edilmiştir (Liutkevičius vd., 2016; Affolter vd., 2010). Ancak hem beslenme hem de yapıya olumlu etkilerinin yanında yayıkaltı suyu ve peyniraltı suyu gibi süt yan ürünlerinin tatlarının pek kabul edilebilir olmaması nedeniyle bu yan ürünlerin doğrudan kullanımı sınırlı kalmaktadır (Arora vd., 2015). Söz konusu süt yan ürünlerinin hem muhafaza ve depolanması hem de farklı gıdalarda katkı olarak kullanılabilirlik durumunu arttırması nedeniyle toz formlarının kullanılmasının daha uygun olduğu bilinmektedir (Yıldırım ve Güzeller, 2013; Corredig vd., 2003; Bachmann, 2001).

Yayıkaltı suyu gıda endüstrisinde katkı olarak hâlihazırda kullanılan bir yan üründür. Bu çalışmanın amacı protein içeriği yüksek ve biyoaktif bileşenlere sahip yayıkaltı suyunun farklı mikroorganizmalarla fermentasyonu sonucu elde edilen içeceklerin bazı karakteristik özelliklerinin belirlenmesidir. Ayrıca yayıkaltı suyunun fonksiyonel ürün olarak değerlendirilmesi konusunda süt endüstrisine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada hammadde olarak yayıkaltı suyu tozu (Enka Süt, Konya), çiğ inek sütü, kültür olarak ise *L. acidophilus*, *Bifidobacteria* ve *S. thermophilus* karışık kültürü (ABT) ve *L. acidophilus* (LA) kültürü (Chr Hansen, İstanbul) kullanılmıştır.

Yayıkaltı İçeceği Üretimi

Yayıkaltı içeceği üretimi için kullanılan yayıkaltı suyu tozunun kütlece %10'luk sulu çözeltisi (YAS) hazırlanmıştır. Hazırlanan YAS ile çiğ inek sütü 5 farklı oranda karıştırılarak (%100, % 75, %

50, % 25 ve % 0) ve 2 farklı kültür ile fermente edilerek toplamda 10 farklı ürün elde edilmiştir.

Elde edilen ürünlerin isimlendirilmesi ve bileşimi izelge 1’de yer almaktadır.

Çizelge 1. Yayıkaltı ieeğinin ismi ve içeriği
Table 1. Name of buttermilk beverage and its content

rn adı/ Product name	ürün içeriği/ content of the product	ürün adı/ Product name	ürün içeriği/ content of the product
Y100-ABT	% 100 YAS+ABT (kontrol/control)	Y100-LA	% 100 YAS+LA (kontrol/control)
Y75-ABT	% 75 YAS+% 25 süt/milk+ABT	Y75-LA	% 75 YAS+% 25 süt/milk+LA
Y50-ABT	% 50 YAS+% 50 süt/milk+ABT	Y50-LA	% 50 YAS+% 50 süt/milk+LA
Y25-ABT	% 25 YAS+% 75 süt/milk+ABT	Y25-LA	% 25 YAS+% 75 süt/milk+LA
Y0-ABT	% 100 süt/milk+ABT (kontrol/control)	Y0-LA	% 100 süt/milk+LA (kontrol/control)

YAS: Yayıkaltı suyu/ *buttermilk*

Yayıkaltı ieeği üretimi için hazırlanan YAS ve çiğ inek sütü belirlenen oranlarda karıştırıldıktan sonra su banyosunda yaklaşık 65 C’de 30 dakika boyunca pastörize edilmiştir. Pastörizasyon sonrası hızlıca kültür inokülasyon sıcaklığına (37 C) soğutulmuş ve ürünlere kültür ilavesi yapılmıştır. rnler 37 C’de pH değeri 4.8’e ulaşıncaya kadar inkübasyona bırakılmıştır. 4.8 pH değerine ulaşan ürünler +4 C’ye hızlıca soğutulmuş ve 200 mL’lik kaplara aktarılmıştır. Elde edilen yayıkaltı içecekleri +4 C’de 15 gün süreyle depolanmıştır. Depolamanın 1. ve 15. günlerinde ürünlerde pH ölümü, toplam asitlik, kurumadde, protein, yağ, viskozite, uçucu bileşen ve tanımlayıcı duyuasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Çiğ Süt ve YAS Analizleri

Çiğ süt ve YAS için başlangıçta pH lm (Sartorius Basic Meter PB-11, Göttingen, Almanya), % laktik asit cinsinden toplam asitlik, % protein ve % kurumadde analizleri Bradley vd. (1992) tarafından önerilen yönteme göre % yağ analizi ise Gerber van Gulik metodu (NEN, 1969) ile gerçekleştirilmiştir.

Yayıkaltı ieeği Analizleri

Yayıkaltı içeceklerine, YAS ve çiğ süte uygulanan analizlerin yanı sıra viskozite, uçucu bileşen ve tanımlayıcı duyuasal analizler uygulanmıştır. Viskozite lmleri Enhanced UL adaptörü kullanılan viskozimetre (Model DV II+Pro; Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenlerin

izolasyonu ve tanımlanması amacıyla sırasıyla katı faz mikroekstraksiyon (SPME) ve Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (GC-MS) (GC 6890, MS 6890N Agilent Technologies, Wilmington DE, ABD) kullanılmıştır. İzole edilen bileşenlerin tanımlanması amacıyla spektral kütüphaneler kullanılmıştır (NIST, 2008 ve Wiley, 2005). Bazı uçucu bileşenler iyon taraması yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kütüphane taramasında aseton 58, asetik asit 60 ve 2,3-butandion 86 iyonu kullanılarak tespit edilmiştir. Uçucu bileşenlerin miktarı Avşar vd. (2004) tarafından önerilen yönteme göre belirlenmiştir. Örneklerde bulunan asidik bileşiklerin miktarı toplam alana göre % ortalama oran şeklinde hesaplanmıştır. Yayıkaltı rnlerinin tanımlayıcı duyuasal analizi Spectrum™ metodu kullanılarak; yaşları 18-50 arasında değişen 6 eğitimi panelist (1 erkek 5 kadın) tarafından gerçekleştirilmiştir (Meilgaard vd., 1999).

rnlerin retimi ve analizleri iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Yayıkaltı tozunun ve sütün hammadde olarak alındığı çalışmada dikkate alınan örnek oranlarının (100, 75, 50, 25, 0), depolama sürelerinin (1 ve 15) ve kültür eşidinin (ABT ve LA) belirlenen özelliklere (protein, yağ, kurumadde, pH, titrasyon asitliği, viskozite, duyuasal özellikler) etkisinin araştırılmasında faktöriyel düzeyde varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Ayrıca rnekler arasında farklılıkların belirlenerek değerlendirilmesinde Tukey oklu karışlaştırma testinden yararlanılmıştır. Söz konusu istatistik analizlerin

uygulanmasında Minitab (version 17) ve SPSS (version 20) istatistik paket programları kullanılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen ürünlerin hammaddesi olan YAS ve çiğ inek sütüne ait genel bileşen değerleri ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Çiğ inek sütü için pH 6.36, toplam asitlik (%) laktik asit cinsinden 0.18, % kurumadde 11.59, % yağ 3.27 ve % protein 3.25; YAS için pH 6.72, toplam asitlik (%) laktik asit cinsinden 0.15, % kurumadde

9.51, % yağ 0.90 ve % protein 2.67 olarak tespit edilmiştir.

Genel bileşen analiz sonuçlarına bakıldığında ürünlerin kurumadde (%) ve yağ (%) değeri üzerine istatistiksel olarak sadece örnek oranlarının etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$; Çizelge 2). Örnekler arasındaki orana bağlı farklılıklar genel bileşime uygun olarak özellikle kurumadde (%) ve yağ (%) değerleri açısından sadece YAS içeren kontrol örneklerinden süt örneklerine doğru artış göstermiştir.

Çizelge 2. Yayıkalıtı içeceklerin genel bileşimi (Ortalama \pm S.H.)
Table 2. General composition of buttermilk beverages (Mean \pm S.E.)

Özellik/Properties (%)	YAS oranı/rate of YAS (%)				
	100	75	50	25	0
Yağ/ Fat	0.75 \pm 0.07 ^c	1.17 \pm 0.06 ^c	2.08 \pm 0.13 ^b	2.65 \pm 0.23 ^b	4.27 \pm 0.15 ^a
Kurumadde/Dry matter	8.18 \pm 0.19 ^{cd}	8.67 \pm 0.23 ^c	9.48 \pm 0.21 ^{bc}	10.09 \pm 0.23 ^b	11.60 \pm 0.32 ^a
Protein	2.55 \pm 0.03 ^c	2.59 \pm 0.06 ^c	2.80 \pm 0.03 ^b	2.91 \pm 0.04 ^b	3.20 \pm 0.03 ^a

YAS: Yayıkalıtı suyu/buttermilk S.H.: Standart hata/ S.E.: Standard Error. n:10

^{a-d}Aynı satırda farklı küçük harf ile gösterilen değerler arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

Yayıkalıtı içeceklerinin % protein değeri üzerine hem YAS oranının hem de kültür çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Buna göre ABT kültürü ile fermente edilmiş YAS içeren örneklerin, LA kültürü ile fermente edilmiş örnekler göre daha düşük protein oranına sahip olduğu görülmüştür. ABT kültürü ile fermente edilen örneklerin ortalama \pm standart hata olarak protein değeri 2.76 \pm 0.05 iken LA kültürü ile fermente edilmiş probiyotik ürünlerin ortalama protein değeri 2.86 \pm 0.06 olarak bulunmuştur. Örnek oranlarına bakıldığında ise sadece yayıkalıtı suyu tozu içeren örneklerden sadece süt içeren örneğe doğru protein oranı düzenli şekilde artış göstermiştir (Çizelge 2).

Yayıkalıtı ürünlerinin pH değerleri üzerine depolama günü ve örnek oranlarının etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 3; $P \leq 0.05$). Ürünlerin pH değerlerinde % 100 oranından % 0 YAS oranına doğru bir düşüş olduğu saptanmıştır. Ayrıca üretimde inkübasyon aşamasının en uzun sürdüğü ürün çeşidi de % 100 YAS içeren örnekler

olmuştur. Bu durumun, üretimde inoküle edilen starter kültürlerin ihtiyaç duyduğu laktozun, tereyağı üretiminde kullanılan starter kültürler tarafından kullanılmış olması veya yayıkalıtı suyunun toz forma dönüştürülmesi sırasındaki laktoz kaybına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ek olarak, 15 günlük depolama süresince ilk gün daha yüksek olan (ortalama pH 4.67) pH değerleri son günde (ortalama pH 4.54) düşüş göstermiştir.

İçeceklerin laktik asit cinsinden toplam asitlik değerlerine depolama gününün etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$); Çizelge 4). Depolama boyunca takip edilen laktik asit (%) cinsinden toplam asitlik ilk güne göre tüm örneklerde daha düşükken son depolama gününde artmıştır. Özellikle üretimde inkübasyon sonrası kültürün ortama uyum sağlaması ile gelişme göstererek ürünlerin toplam asitliğini arttırdığı görülmüştür. Laktaz etkinliği açısından *L. acidophilus*' un *Lactobacillus* türleri içerisinde en yüksek değere sahip olduğu bilinmektedir (Akal ve Yetişemeyen, 2020). Çalışmada ABT karışık kültürü ile fermente

edilmiş ürünlerin asitlikleri, ilk depolama gününde LA kültürü ile fermente edilenlere göre daha yüksek iken son depolama gününde % 25 ve % 0 YAS içeren ürünler dışında tam tersi bir durum söz konusu olmuştur. Bu durum LA kültürünün farklı gelişim fazlarında olabileceği ve ortama uyum sağladıktan sonra hızlı bir gelişim eğrisi

göstererek laktozu parçalaması ve laktik asit cinsinden toplam asitliği yükseltmesi şeklinde açıklanabileceği gibi *L. acidophilus*' un glikozu fermente edebilmesi ancak galaktozu tam olarak metabolize edememesine de bağlanabilir (Hayatoğlu, 2021).

Çizelge 3. Yayıkaltı içeceklerinin depolama süresince pH değerleri (Ortalama \pm S.H.)

Table 3. pH values of buttermilk beverages during storage (Mean \pm S.E.)

YAS Oranı/ Rate of YAS (%)	1. Gün/Day 1		15. Gün/Day 15		Ortalama/ Mean
	Kültür eşidi/Type of Culture				
	ABT	LA	ABT	LA	
100	4.79 \pm 0.03	4.98 \pm 0.19	4.67 \pm 0.14	4.77 \pm 0.26	4.80 \pm 0.08 ^a
75	4.69 \pm 0.04	4.81 \pm 0.08	4.53 \pm 0.08	4.69 \pm 0.18	4.68 \pm 0.05 ^{ab}
50	4.56 \pm 0.00	4.61 \pm 0.05	4.40 \pm 0.08	4.49 \pm 0.09	4.51 \pm 0.03 ^b
25	4.61 \pm 0.02	4.52 \pm 0.01	4.43 \pm 0.10	4.46 \pm 0.09	4.50 \pm 0.03 ^b
0	4.60 \pm 0.03	4.55 \pm 0.00	4.47 \pm 0.13	4.55 \pm 0.06	4.54 \pm 0.03 ^b
Ortalama/ Mean	4.67 \pm 0.03 ^A		4.54 \pm 0.04 ^B		

YAS: Yayıkaltı suyu/buttermilk S.H.: Standart hata/S.E.: Standard Error. n:10. ^{A-B}Aynı satırda farklı büyük harf ile gösterilen değerler arasındaki farklar nemlidir (P \leq 0.05).

^{A-B}Differences between the averages shown in different capital letters in the same row are significant (P \leq 0.05).

^{a-b}Aynı stunda farklı kk harf ile gösterilen değerler arasındaki farklar nemlidir (P \leq 0.05).

^{a-b}Differences between the means shown in different lower case letters in the same column are significant (P \leq 0.05).

izelge 4. Yayıkaltı içeceklerinin depolama süresince titrasyon asitlikleri (% laktik asit, Ortalama \pm S.H.)

Table 4. Titratable acidities (lactic acid %, Mean \pm S.E) of buttermilk beverages during storage

YAS Oranı/ Rate of YAS (%)	1. Gn/Day 1		15. Gn/Day 15		Ortalama Mean
	Kültür eşidi/Type of Culture				
	ABT	LA	ABT	LA	
100	0.47 \pm 0.11	0.38 \pm 0.06	0.52 \pm 0.06	0.77 \pm 0.06	0.54 \pm 0.11
75	0.50 \pm 0.12	0.44 \pm 0.10	0.62 \pm 0.11	0.81 \pm 0.01	0.60 \pm 0.12
50	0.56 \pm 0.15	0.52 \pm 0.13	0.70 \pm 0.15	0.80 \pm 0.01	0.64 \pm 0.10
25	0.49 \pm 0.12	0.52 \pm 0.14	0.72 \pm 0.16	0.68 \pm 0.00	0.60 \pm 0.09
0	0.47 \pm 0.12	0.51 \pm 0.13	0.70 \pm 0.16	0.56 \pm 0.10	0.56 \pm 0.07
Ortalama/ Mean	0.49 \pm 0.03 ^a		0.69 \pm 0.03 ^b		

YAS: Yayıkaltı suyu/buttermilk S.H.: Standart hata/S.E.: Standard Error. n:10.

^{a-b}Aynı satırda farklı küçük harf ile gösterilen değerler arasındaki farklar önemlidir (P \leq 0.05).

^{a-b}Differences between the averages shown in different lower case letters in the same row are significant (P \leq 0.05).

Yayıkaltı içeceklerinin viskozite değeri üzerine örnek oranı, kültür çeşidi ve depolama gününün ortak etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). ABT kültürü ile fermente edilmiş örneklerin viskozite değerlerinde % 100 örnek oranından % 0 örnek oranına doğru artış görülürken; örneklerin LA kültürü ile fermente edilenlerinde ise viskozite değişiminin % 75 örnek oranı (ortalama \pm standart hata şeklinde Y75-LA için 1. gün 2.35 ± 0.14 cP, 15. gün 3.68 ± 0.19 cP) hariç ABT kültürü ile fermente edilmiş örneklere benzer olduğu görülmüştür. Yayıkaltı içeceklerin viskozite değerleri (cP) 1. depolama gününde Y100-ABT: 2.55 ± 0.05 , Y0-ABT: 26.77 ± 0.73 , Y100-LA: 2.35 ± 0.16 , Y0-LA: 27.43 ± 1.22 ; son depolama gününde Y100-ABT: 3.45 ± 0.48 , Y0-ABT: 24.40 ± 1.12 , Y100-LA: 6.23 ± 2.04 , Y0-LA: 17.83 ± 1.51 olarak belirlenmiştir.

Örneklerin viskozite değerleri YAS oranına göre oldukça değişkenlik göstermiştir. Ürünün bileşimi (kurumadde, protein, yağ), ürüne uygulanan ısıl işlem, üretimde kullanılan starter kültürün aktivitesi gibi faktörler viskoziteyi etkilemektedir (Hayatoğlu, 2021; Saçkesen ve Ocak, 2019; Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010). Buna göre yayıkaltı ürünlerinin viskozitesini etkileyen faktörler yayıkaltının çeşidi, yayıkaltına uygulanan filtrasyon şekli, protein (kazein) miktarı, yayıkaltının asitlik ve pH değeri olarak düşünülmüştür. Ayrıca örneklerin viskozite değerinin yükselmesi bileşimdeki süt oranının artması ve fermantasyon sürecinin etkisiyle gerçekleşmiştir. Yayıkaltı içeceklerinde (süt kontrol örnekleri ve Y25-LA hariç) son depolama gününde genel olarak viskozitenin arttığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde probiyotik ayran üzerine yapılan farklı çalışmalarda da depolama süresince ürünlerin viskozite değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir (Kuş, 2010; Burucu, 2008; Tonguç 2006; Hayatoğlu, 2021).

Örneklerin uçucu bileşen analizleri üretimin 1. gününde yapılmış olup toplamda 17 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir (Çizelge 5). Uçucu bileşenlerden aseton, 2,3-butandion, asetoin, toluen, 2-heptanon, limonen ve okalıptol tüm örneklerde belirlenmiştir. Dekan bileşiği sadece % 100 örnek oranlarında, 1,2-Bis (trimetilsilyl)

benzen bileşiği ise sadece % 0 örnek oranında tespit edilmiştir. Asetoin, % 75, % 50, % 25 ve % 0 örnek oranlarında miktarca en yüksek bulunan uçucu bileşen olarak belirlenmiştir.

Çalışmada tespit edilen asetoin, 2-heptanon, 2,3-butandion bileşiklerinin farklı çalışmalarda da süt ürünlerinde tereyağı ve kremamsı lezzet kaynağı olarak sitrat metabolizması sonucu oluştuğu vurgulanmıştır (Alemayehu vd., 2014; Pan vd., 2014; Dan vd., 2017). Ayrıca tereyağı aroması olarak bilinen diasetil (2,3-bütandion) bileşiği laktik asit bakterilerinin sitrat metabolizması dışında laktoz metabolizması sonucu olarak da tespit edilmektedir (Kesenkaş ve Bulut, 2006; Köse ve Ocak, 2014). Söz konusu metabolizmalarda oluşan piruvat oranı yükseldikçe diasetil ve asetoin bileşiklerinin oluşumu aynı oranda artmaktadır. Diasetil, tereyağı üretimi sırasında suda çözünerek yaklaşık 3.5-7 mg/kg oranında yayıkaltı suyuna geçmektedir (Yetişemeyen ve Ariöz, 1995) ve asetoin geri dönüşümsüz diasetil redüktaz reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Keenan, 1968). Bu duruma bağlı olarak çalışmada tüm örneklerde belirlenen asetoinin miktarca diasetilden yüksek bulunmasının nedeni asetoinin diasetilden türemiş olmasındandır. Ayrıca yayıkaltı içeceklerinde süt oranının artması ile diasetil miktarının genel olarak arttığı ve ABT kültürü ile fermente edilen örneklerde miktarca daha fazla olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Nalbant ve Karagül Yüceer (2020) de diasetil miktarını en yüksek ABT kültürü ile fermente ettikleri inek sütü örneğinde bulmuşlardır.

Yayıkaltı içeceklerinin %75 ve %50 örnek oranlarında belirlenen butanal,3-metil, enzimlerin aktivitesi ile izolösin ve lösinden türemiş dallanmış yapıda bir aldehit olup (Valero vd., 2001), Dan vd., (2017) tarafından yapılan çalışmada *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *S. thermophilus* farklı kombinasyonlarda kullanılarak süt fermente edilmiş ve ürünlerde her kombinasyonda butanal,3-metil yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir.

Yayıkaltı örneklerinde yapılan uçucu bileşen analizinde asetik asit, butanoik asit, butanoik asit, 3-metil, hekzanoik asit, sorbik asit, benzoik asit ve oktanoik asit belirlenen asidik bileşenlerdir (izelge 6). % 0 rnek oranlarında ve Y25-LA ile

fermente edilmiş yayıkaltı rneği dışında tüm örneklerde bulunan sorbik asidin, yayıkaltının hammaddesi olan tereyağından geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 5. Yayıkaltı içeceklerinin uçucu bileşenleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$, Ortalama \pm S.S.)
Table 5. Volatile compounds of buttermilk beverages ($\mu\text{g}/\text{kg}$, Mean \pm S.D

Uçucu Bileşen Volatile Compunds	Probiyotik içecekler/ Probiotic Beverages									
	Y100-ABT	Y75-ABT	Y50-ABT	Y25-ABT	Y0-ABT	Y100-LA	Y75-LA	Y50-LA	Y25-LA	Y0-LA
Aseton	7.1 \pm 1.7	13.0 \pm 3.2	18.2 \pm 8.1	27.6 \pm 3.7	27.2 \pm 15.6	9.8 \pm 6.6	13.3 \pm 8.0	11.8 \pm 4.3	27.5 \pm 0.8	55.3 \pm 10.5
2,3-Butandion (Diasetil)	36.6 \pm 2.6	71.2 \pm 3.9	80.8 \pm 51.2	116.0 \pm 8.2	74.8 \pm 43.6	44.4 \pm 39.6	29.1 \pm 20.2	28.1 \pm 11.9	37.7 \pm 1.1	54.0 \pm 7.8
Asetoin	120.9 \pm 3.2	359.7 \pm 76.9	263.4 \pm 225.2	546.9 \pm 2.0	523.3 \pm 295.1	53.4 \pm 18.5	109.8 \pm 55.9	121.9 \pm 110.8	492.4 \pm 69.6	949.5 \pm 34.4
Butanal, 3-metil	-	11.0 \pm 0.2	9.2 \pm 3.2	-	-	-	68.1 \pm 46.9	9.9 \pm 1.4	-	-
2,3-Pentandion	-	33.1 \pm 0.1	190.5 \pm 19.2	200.6 \pm 20.2	83.3 \pm 32.0	-	22.8 \pm 20.9	11.6 \pm 3.0	64.1 \pm 16.4	59.8 \pm 19.9
2-Penten, (E)-	81.9 \pm 8.3	-	44.8 \pm 28.8	-	-	293.4 \pm 240.3	-	34.7 \pm 10.0	-	-
1-Butanol, 3-metil-	-	82.5 \pm 9.2	-	-	-	-	6.8 \pm 6.8	-	-	-
İzoamilalkol	27.4 \pm 10.3	24.7 \pm 7.5	10.8 \pm 10.8	13.8 \pm 0.2	-	46.5 \pm 18.4	71.9 \pm 43.8	6.2 \pm 6.2	28.5 \pm 11.5	-
Toluen	25.3 \pm 21.9	61.2 \pm 40.8	33.1 \pm 19.8	56.0 \pm 35.6	30.6 \pm 22.2	19.1 \pm 5.6	24.9 \pm 9.2	17.1 \pm 11.0	51.9 \pm 40.9	51.1 \pm 29.0
Hekzanal	-	-	-	104.8 \pm 13.2	57.8 \pm 11.3	-	-	-	71.3 \pm 1.5	66.4 \pm 3.6
1-Hekzanol	69.3 \pm 21.6	76.5 \pm 28.4	68.6 \pm 55.6	39.8 \pm 23.3	-	180.1 \pm 149.9	69.2 \pm 51.4	76.4 \pm 28.1	16.4 \pm 5.2	-
2-Heptanon	27.8 \pm 4.7	40.7 \pm 3.3	24.4 \pm 18.9	42.6 \pm 17.4	30.9 \pm 14.6	56.7 \pm 30.3	25.8 \pm 3.2	16.6 \pm 5.8	28.0 \pm 9.0	62.8 \pm 5.6
Benzaldehit	210.1 \pm 185.0	65.8 \pm 15.9	54.1 \pm 24.8	7.5 \pm 1.5	-	200.1 \pm 184.3	94.0 \pm 18.3	101.3 \pm 1.9	63.0 \pm 5.6	-
Dekan	22.3 \pm 5.1	-	-	-	-	5.7 \pm 5.7	-	-	-	-
Limonen	7.4 \pm 5.3	8.5 \pm 1.3	15.9 \pm 9.9	11.8 \pm 0.4	10.1 \pm 5.1	11.7 \pm 2.8	4.1 \pm 1.6	5.3 \pm 2.3	4.2 \pm 2.5	5.4 \pm 0.1
kaliptol	10.5 \pm 8.0	58.6 \pm 44.4	51.4 \pm 43.4	125.0 \pm 1.1	120.8 \pm 31.4	61.8 \pm 43.5	49.4 \pm 21.7	63.2 \pm 18.2	36.2 \pm 0.6	84.2 \pm 16.1
1,2-Bis(trimetilsilil) benzen	-	-	-	-	61.0 \pm 53.7	-	-	-	-	101.3 \pm 30.5

'-' belirlenemedi/ Not detected. n:10. S.S. Standard sapma/S.D. Standard deviation

Benzer şekilde Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde (Anonymous, 2017) katkı maddesi olarak tereyağında ve yayıkaltında kullanılmasına izin verilmediği halde fermente edilen ürünlerde bulunabilmesinde sakınca görülmeyen benzoik asit de bazı örneklerde tespit edilmiştir. Mroueh vd. (2008) de yaptıkları çalışmada yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinde starter olarak kullanılan laktik asit bakterilerinin benzoik asiti, hippurik asidin doğal olarak enzimatik reaksiyonundan, fenilalanin degradasyonundan veya benzaldehitin

otooksidasyonundan üretebildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada belirlenen bileşiklere benzer olarak, yayıkaltı suyu ilave edilen Cheddar tipi peynirlerde de nonanal, butanoik, hekzanoik ve oktanoik asitler belirlenmiştir (Hickey vd., 2018). Özellikle laktik asit bakteri metabolizması ile de oluştuğu bildirilen diasetil, asetik asit, laktik asit ve bütanoik asitin aroma ve tat oluşumu açısından ne çıktığı bilinmektedir (Mallia, 2008; Ergöz, 2017).

Yayıktaltı içeceklerinin duysal özelliklerinden tatlı, tuzlu, ekşi, buruk, umami, metalik ve acı tat depolama boyunca değerlendirilmiştir. Depolama süresince azalan tatlı tat sadece süt içeren %0 örnek oranlarında daha yoğun algılanmıştır. Yayıktaltı içeceklerinde tuzlu tat beklendiği gibi YAS oranı yüksek olan örneklerde daha fazla hissedilmiştir. Tuzlu tat peyniraltı suyu ve yayıktaltı suyu gibi süt yan ürünlerinin kullanımını sınırlayan bir faktördür. Yayıktaltı suyuna göre miktarca ve kullanım alanı daha fazla olan peyniraltı suyu bu nedenle toz forma dönüştürülürken bileşiminde bazı değişiklikler yapılarak (mineralleri azaltılmış peyniraltı suyu tozu, laktozu alınmış peyniraltı

suyu tozu, laktozu ve mineralleri azaltılmış peyniraltı suyu tozu, deproteinize peyniraltı suyu tozu ve yağca zenginleştirilmiş peyniraltı suyu tozu vb.) kullanılmaktadır (Özen ve Kılıç, 2007; Küçüköner, 2011). Ayrıca yapılan birçok çalışmada süt yan ürünlerinin, tadı olumsuz etkilemesi nedeniyle düşük oranlarda, süt ile farklı kombinasyonlarda veya meyvelerle aromalandırılarak tüketimi de önerilmiştir (Liutkevičius vd., 2016; Kumar vd., 2017; Chavan vd., 2015; Akan ve Kınık, 2016; Argan vd., 2015; Pescuma vd., 2010; Ersoy ve Uysal, 2002; Shaikh ve Rathi, 2009; Arora vd., 2015; Meshram, 2015).

Çizelge 6. Yayıktaltı içeceklerinde belirlenen asidik bileşikler (%)
Table 6. Acidic compounds of buttermilk beverages (%)

Örnekler/ Samples	Asidik Bileşenler/ Acidic Compounds						
	Asetik/ Acetic	Butanoik/ Butanoic	Butanoik, 3-metil/ Butanoic, 3-methyl	Hekzanoik/ Hexanoic	Sorbik/ Sorbic	Benzoik/ Benzoic	Oktanoik/ Octanoic
Y100-ABT	21.62	3.97	1.58	2.87	4.91	-	0.94
Y75-ABT	24.47	4.21	-	2.20	4.63	0.08	1.04
Y50-ABT	18.64	2.64	-	3.92	2.80	0.17	0.72
Y25-ABT	25.18	1.65	-	2.37	0.95	0.54	-
Y0-ABT	2.44	0.44	-	1.22	-	-	-
Y100-LA	10.15	1.97	2.07	1.24	3.13	0.42	-
Y75-LA	14.94	3.73	-	-	6.48	-	0.94
Y50-LA	15.58	2.60	-	3.17	4.89	0.05	0.75
Y25-LA	14.82	2.26	-	1.95	-	0.39	-
Y0-LA	13.87	1.49	-	2.42	-	-	-

‘-’ belirlenemedi/ Not detected. n:10.

Yayıktaltı örneklerinde belirlenen temel tatlardan ekşi tat Y100-ABT’ de 15. günde, umami tat Y100-ABT’ de 1. günde, buruk tat Y100-ABT’ de 1. günde, metalik tat Y75-ABT’ de 1. günde, acı tat ise Y100-LA’ da 15. günde en yüksek değerlerde belirlenmiştir. Devam eden biyokimyasal olayların etkisiyle ekşi tat, pH değerinde azalma ve % toplam asitlik artışı ile uyumlu şekilde duysal tadımlarda da depolamanın son günü daha yoğun hissedilmiştir. Ayrıca ekşi tat üzerine kültür çeşidi ve depolama günü etkisi önemli bulunmuş olup ($P \leq 0.05$), depolamanın 15. gününde ABT kültürü ile fermente edilmiş ürünlerin ekşi algısı (2.98 ± 0.19),

LA kültürü ile fermente edilenlere göre (2.17 ± 0.17) daha fazla bulunmuştur.

Yayıktaltı içeceklerinde depolama süresince pişmiş, kremamsı, süthane/sütümsü, fermente, karton, yosun, sabunsu ve depo belirlenen duysal terimler olmuştur. Kremamsı lezzet sadece süt içeren %0 YAS kodlu örneklerde ilk günde en baskın duysal özellik olarak değerlendirilmiştir. Yayıktaltı örneklerinde hissedilen sabunsu tada, süt ürünlerinde ester bileşiklerinin konsantrasyonuna bağlı olarak uzun zincirli yağ asidi etil esterleri (Akpınar vd., 2006) neden olmuştur.

Örneklerde YAS oranlarının, tatlı, tuzlu, buruk, acı, kremamsı, karton, yosun ve sabunsu terimleri üzerinde önemli etkisi olduğu bulunmuştur ($P \leq 0.05$; Çizelge 7). Tatlı ve kremamsı özellikler en çok % 0 örnek oranlarında; tuzlu, buruk, karton, yosun, sabunsu ve acı lezzetler ise % 100 YAS oranındaki örneklerde en belirgin özellikler olarak tespit edilmiştir.

Yayıkaltı içeceklerinde belirlenen tatlı, umami, metalik, pişmiş, kremamsı, yosun, acı ve depo terimleri üzerine depolama günün etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Buna göre tatlı (2.30 ± 0.14), umami (0.91 ± 0.10), metalik (0.88 ± 0.28), pişmiş (2.45 ± 0.21), kremamsı (2.59 ± 0.11) ve yosun (0.84 ± 0.19) terimleri depolamanın ilk günü; acı (0.34 ± 0.08) ve depo (0.28 ± 0.09) terimleri ise depolamanın son günü daha yoğun hissedilmiştir.

Çizelge 7. İçeceklerde duysal terimler üzerine YAS oranı etkisi (Ortalama \pm S.H.)

Table 7. The effect of YAS rate on some sensory descriptors in beverages (Mean \pm S.E.)

Tanımlayıcı terimler/ Descriptive terms	YAS Oranı (%) / Rate of YAS (%)				
	100	75	50	25	0
Kremamsı/ <i>Creamy</i>	2.22 \pm 0.17 ^b	2.25 \pm 0.10 ^b	2.33 \pm 0.14 ^{ab}	2.49 \pm 0.16 ^{ab}	2.94 \pm 0.13 ^a
Karton/ <i>Cardboard</i>	0.80 \pm 0.06 ^a	0.41 \pm 0.09 ^b	0.14 \pm 0.05 ^{bc}	0.06 \pm 0.03 ^c	0.08 \pm 0.05 ^c
Yosun/ <i>Algae</i>	2.19 \pm 0.19 ^a	1.70 \pm 0.28 ^{ab}	0.86 \pm 0.26 ^{bc}	0.29 \pm 0.16 ^c	0.26 \pm 0.17 ^c
Sabunsu/ <i>Soap</i>	1.85 \pm 0.67 ^a	0.79 \pm 0.16 ^{ab}	0.50 \pm 0.17 ^b	0.60 \pm 0.28 ^b	0.12 \pm 0.10 ^b
Tatlı/ <i>Sweet</i>	1.51 \pm 0.16 ^b	1.87 \pm 0.21 ^{ab}	2.06 \pm 0.26 ^{ab}	2.11 \pm 0.21 ^{ab}	2.50 \pm 0.16 ^a
Tuzlu/ <i>Salty</i>	2.06 \pm 0.16 ^a	2.01 \pm 0.18 ^{ab}	1.68 \pm 0.16 ^{abc}	1.41 \pm 0.12 ^{bc}	1.12 \pm 0.10 ^c
Buruk/ <i>Sour</i>	2.41 \pm 0.19 ^a	2.36 \pm 0.09 ^a	2.08 \pm 0.11 ^{ab}	1.90 \pm 0.17 ^{ab}	1.63 \pm 0.13 ^b
Acı/ <i>Bitter</i>	0.60 \pm 0.14 ^a	0.26 \pm 0.14 ^{ab}	0.08 \pm 0.05 ^b	0.02 \pm 0.02 ^b	0.05 \pm 0.05 ^b

YAS: Yayıkaltı suyu/*buttermilk* S.H.: Standart Hata/ *S.E.*: Standard Error n: 10.

^{a-c}Aynı satırda farklı küçük harf ile gösterilen değerler arasındaki farklılıklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

^{a-c}Differences between the averages shown in different lower case letters in the same row are significant ($P \leq 0.05$).

YAS oranı yüksek örneklerde karton tadının fazla hissedilmesi benzer şekilde Sodini vd. (2006) tarafından da bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından karton tadının toz formda kullanılan yayıkaltı suyu ve yayıkaltı suyunun konsantrasyonunun artışıyla birlikte daha yoğun hissedildiği bildirilmiştir. Ayrıca karton lezzeti doymamış serbest yağ asitlerinin oksidasyonu (Carunchia-Whetstine vd., 2003) sonucunda da oluşabilmektedir. Hickey vd. (2018) tarafından yayıkaltı ilave edilen Cheddar tipi peynirlerde acı tat, okside lezzet ve istenmeyen aromaların daha fazla algılandığı belirtilmiştir.

Depolama süresince gerçekleştirilen tanımlayıcı duysal analizler sırasında panelistler % 50 oranında hazırlanan yayıkaltı suyu içeceklerini daha çok beğenirken özellikle ABT kültürü ile fermente edilmiş % 50 oranında YAS içeren ieeği ilk sırada tercih ettiklerini sözlü olarak ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak, yayıkaltı suyunun farklı oranlarda süt ile formüle edilmesi ve farklı kültürlerle fermantasyonu bu içeceklerin birbirlerinden farklı özellikler kazanmasına sebep olmuştur. Yayıkaltı içeceklerinin viskozitesi oldukça değişken olup genel olarak son depolama gününe doğru artış göstermiştir. Yayıkaltının süt ile formüle edilmesi inoküle edilen kültürler için besiyeri ortamı oluşturarak fermantasyon süresini kısaltmıştır. Tüm yayıkaltı içeceklerinde belirlenen diasetil ve asetoin bileşikleri ABT kültürü ile fermente edilmiş örneklerde LA kültürü ile fermente edilmiş örneklere göre daha fazla tespit edilmiştir. Duysal olarak yayıkaltı suyu oranının yüksek olduğu içeceklerde tuzlu tat daha fazla hissedilmiş olup sadece yayıkaltı suyu bileşimine sahip ürünlerde tuzlu tadın yanı sıra buruk, karton, yosun, sabunsu ve acı lezzetler belirgin hissedilmiştir. Yayıkaltı suyu bileşimindeki yüksek protein oranına bağlı olarak depolamanın son gününde acı tat gelişmiştir. Ayrıca çalışmada yayıkaltı suyunun toz formdan elde edilmesine

bağlı olarak da karton terimi YAS oranı yüksek içeceklerde fazla hissedilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında % 50 oranlarına kadar kullanılması durumunda yayıkaltı suyu ile elde edilen içeceğin kabul edilebilir bir tatta olacağı düşünülmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen bilgiler yayıkaltı suyu da dahil olmak üzere süt yan ürünlerinin alternatif içecek olarak değerlendirilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Yayıkaltının tek başına kullanılması yerine süt ile kombinasyonlarının geliştirilmesi, farklı kültürler ile fermantasyonu ve farklı meyve veya sebze suları ile aromalandırılması süt yan ürünlerinin geri kazanımı ve tüketimi açısından daha kabul edilebilir olmasını sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu makale Çisem Öge' nin 'Süt Yan Ürünlerinin Fermentasyonu ve Karakteristik Bazı Özellikleri' başlıklı yüksek lisans tezinin bir kısmından (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, YÖK Tez No: 596916) düzenlenmiştir. Çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi kapsamında (Proje no: FYL-2018-2479) desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

ÇÖ, hammadde temini ve örneklerin üretimi, analizlerin uygulanması ve verilerin elde edilmesi, makalenin yazımı, düzenlenmesi ve görselleştirilmesine katkıda bulunmuştur. YKY, danışman olarak çalışmanın ve makalenin metodolojisi ve düzenlenmesinde katkıda bulunmuştur. Katkıda bulunan tüm yazarlar makalenin son halini okuduğunu ve onayladığını kabul etmektedir.

KAYNAKLAR

Affolter, M., Grass, L., Vanrobaeys, F., Casado, B., Kussmann, M. (2010). Qualitative and quantitative profiling of the bovine milk fat globule membrane proteome. *J Proteomics*, 73: 1079-1088, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2009.11.008>.

Akal, C., Yetişemeyen, A. (2020). Probiyotik ve prebiyotik tüketiminin laktoz intoleransı üzerine etkileri. *GIDA*, 45(2): 380-389, doi: 10.15237/gida.GD20016.

Akan, E., Kınık, Ö. (2016). Sağlıklı içecek üretiminde yeni bir eğilim: siyah havuç ve kırmızı pancar ilaveli sinbiyotik peynir altı suyu içeceği üretimi. 4. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, İzmir.

Akpınar, A., Uysal, H., Kınık, Ö. (2006). Süt ve süt ürünlerinde lezzet bileşeni olarak esterler ve esterlerin biyosentezi. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu, Türkiye.

Alemayehu, D., Hannon, J.A., Mcauliffe, O., Ross, R.P. (2014). Characterization of plant-derived *lactococci* on the basis of their volatile compounds profile when grown in milk. *Int J Food Microbiol*, 172: 57-61, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.024>.

Anonymous (2017). Türk Gıda Kodeksi. Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Tarım ve Orman Bakanlığı. 03.04.2017 tarih ve 30027 sayılı Resmî Gazete, Ankara.

Argan, B.E., Güneşer, O., Kırca-Toklucu, A., Karagül-Yüceer, Y. (2015). Peyniraltı suyu tozu ilave edilmiş meyveli içecek üretimi ve bazı kalite karakteristikleri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(8): 651-658.

Arora, A., Mayta-Apaza, A., Ortega-Anaya, J., Jimenez-Flores, R. (2015). Development and characterization of a children's beverage using by-products from the dairy industry. The Ohio State University Department of Food Science and Technology, Undergraduate Research Theses, Fyffe Ct., Columbus.

Avşar, Y.K., Karagül-Yüceer, Y., Drake, M.A., Singh, T.K., Yoon, Y., Cadwallader, K.R. (2004). Characterization of nutty flavor in cheddar cheese. *J Dairy Sci*, 87:1999-2010, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)70017-X.

Bachmann, H.P. (2001). Cheese analogues: a review. *Int. Dairy J.*, 11: 505-515, [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00073-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00073-5).

- Bradley, Jr.R.L., Arnold, Jr.E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E., Vines, B.K. (1992). Chemical and Physical Methods. In Standard Methods for the Examination of Dairy Products, ed: Marshall, R.T., *American Public Health Association*, Washington D.C., 433-531.
- Burucu, H. (2008). Ayran üretiminde peynir altı suyu ürünleri ile kappa karreganan kullanımının duyuşal fiziko-kimyasal ve probiyotik özellikler üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye, 77 s.
- Carunchia-Whetstine, M.E., Parker, J.D., Drake, M.A., Larick, D.K. (2003). Determining flavor and flavor variability in commercially produced liquid Cheddar whey. *J. Dairy Sci.* 86:439-448, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73622-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73622-4).
- Chavan, R.S., Nalawade, T., Anit, K. (2015). Studies on the development of whey based mango beverage. *RRJFPD*, 3(2): 2347-2359.
- Corredig, M., Roesch, R.R., Dalgleish, D.G. (2003). Production of a novel ingredient from buttermilk. *J. Dairy Sci.*, 86: 2744-2750, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73870-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73870-3).
- Cumhur, Ö. (2008). Peynir benzeri bir üründe farklı protein kaynaklarının yapısal özelliklere etkilerinin belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 62 s.
- Dan, T., Wang, D., Wu, S., Jin, R., Ren, W., Sun, T. (2017). Profiles of volatile flavor compounds in milk fermented with different proportional combinations of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Molecules*, 22(10):1633, doi: [10.3390/molecules22101633](https://doi.org/10.3390/molecules22101633).
- Ergöz, E. (2017). Manda sütünden üretilen yayık ve krema tereyağlarının nitelikleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 40 s.
- Ersoy, M., Uysal, H. (2002). Süt tozu, peyniraltı suyu ve yayıkaltı karışımları ile üretilen kefirlerin özellikleri üzerine bir araştırma/1. bazı kimyasal özellikler. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 39(3): 64-71.
- Hayatoğlu, F. (2021). Probiyotik bakteri ilavesi ile üretilen ayranların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Türkiye, 138 s.
- Hickey, C.D., O'Sullivan, M.G., Davis, J., Scholz, D., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Sheehan, J.J. (2018). The effect of buttermilk or buttermilk powder addition on functionality, textural, sensory and volatile characteristics of Cheddar-style cheese. *Food Res Int.*, 103: 468-477, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.081>.
- Keenan, T.W., Bills, D.D. (1968). Metabolism of volatile compounds by lactic starter culture microorganisms. *J Dairy Sci.*, 51(10):1561-1567, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(68\)87231-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(68)87231-5).
- Kesenkaş, H., Akbulut, N. (2006). Destek kültür olarak kullanılan bazı mayaların beyaz peynir aroması üzerine etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 43(2):73-84.
- Köse, Ş., Ocak, E. (2014). Yoğurtta lezzet bileşenlerinin oluşumu ve bu oluşum üzerine etki eden faktörler. *Akademik Gıda*, 12(2): 101-107.
- Kumar, K., Singh, J., Chandra, S., Samsher, (2017). Formulation of whey based pineapple herbal beverages and its storage conditions. *Chem Sci Rev Lett*, 6(21):198-203.
- Kuş, H. (2010). İnsan orjinli probiyotik bakteriler kullanılarak probiyotik ayran üretimi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 62 s.
- Küçük, H. (2013). Süt endüstrisinde atık ürünlerin değerlendirilmesi ve önemi. IV. Süt ve Süt Hayvancılığı Öğrenci Kongresi, 17 Mayıs, Karacabey-Bursa, Türkiye, 68-73 s.
- Küçüköner, E. (2011). Peynir tozu ve peyniraltı suyu tozu üretimi. 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara, Türkiye, 80-85 s.
- Liutkevičius, A., Speičienė, V., Alenčikienė, G., Mieželienė, A., Narkevičius, R., Kaminskas, A., Abaravičius, J.A., Vitkus, D., Jablonskienė, V.,

- Sekmokienc, D. (2016). Fermented buttermilk-based beverage: impact on young volunteers' health parameters. *Czech J. Food Sci.*, 34: 143-148, doi: 10.17221/344/2015-CJFS.
- Madenci, A.B., Aktaş, K., Türker, S. (2013). Yayılcaltının sağlıklı beslenme açısından önemi ve fırıncılık ürünlerinde kullanımı. Uluslararası 2. Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 7-10 Kasım, Konya, Türkiye, 656-657 s.
- Mallia, S., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H. (2008). Aroma-active compounds of butter: a review. *Eur Food Res Technol* 226:315-325, doi: 10.1007/s00217-006-0555-y.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. (1999). *Descriptive Analysis Techniques, Sensory Evaluation Techniques*, 3. Edition CRC Press, Inc. Boca Raton, FL., 387 p.
- Meshram, B.D. (2015). Butter-milk based fruit juice beverages. *Asian J. Dairy & Food Res*, 34(4): 297-299, doi: 10.18805/ajdfr.v34i4.6882.
- Morin, P., Jiménez-Flores, R., Pouliot, Y. (2007). Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globule membranes. *Int Dairy J*, 17: 1179-1187, doi:10.1016/j.idairyj.2007.03.010.
- Mroueh, M., Issa, D., Khawand, J., Haraty, B., Malek, A., Kassaify, Z., Toufeili, I. (2008). Levels of benzoic and sorbic acid preservatives in commercially produced yoghurt in Lebanon. *J Food Agric Environ*, 6(1): 62-66.
- Nalbant, D., Karagül Yüceer, Y. (2020). İnek ve keçi sütü kullanılarak üretilen probiyotik fermente süt ürünlerinin karakteristik özellikleri. *GIDA* 45 (2): 315-328, doi: 10.15237/gida.GD19126.
- NEN, (1969). Netherlands Standard. Butyrometric Determination of the Fat Content of Cheese (Gerber van Gulik Method). *Neth Milk and Dairy J*, 23: 214-220.
- NIST, (2008). NIST /EPA /NIH Mass Spectral Library (NIST 08). National Institute of Standards and Technology Standard Reference Data Program, Gaithersburg, MD20899.
- Özen, A.E., Kılıç, M. (2007). Peyniraltı suyundan elde edilen serum proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *GTED* 3: 45-49.
- Pan, D.D., Wu, Z., Peng, T., Zeng, X.Q., Li, H. (2014). Volatile organic compounds profile during milk fermentation by *Lactobacillus pentosus* and correlations between volatiles flavor and carbohydrate metabolism. *J. Dairy Sci.* 97:624-631, <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7131>.
- Pescuma, M., Hebert, E.M., Mozzi, F., Fon de Valdez, G. (2010). Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *Int J Food Microbiol*, 141: 73-81, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.011.
- Saçkesen, Ş. N. D., Ocak, E. (2019). Peyniraltı suyuyla zenginleştirilmiş fermente süt içeceği üretimi. *YYÜ Tar Bil Derg*, 29 (2): 309-317, doi: 10.29133/yyutbd.486896.
- Shaikh, M.F.B., Rath, S.D. (2009). Utilisation of buttermilk for the preparation of carbonated fruit-flavoured beverages. *Int J Dairy Technol*, 62(4), doi: 10.1111/j.1471-0307.2009.00527.x.
- Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., Jiménez-Flores, R. (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. *J. Dairy Sci.*, 89: 525-536, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72115-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72115-4).
- Tamuçay-Özönlü, B., Koçak, C. (2010). Süte farklı ısıl işlem uygulamalarının ayran kalitesine etkisi. *GIDA*, 35(5): 355-362.
- Tonguç, E. (2006). Probiyotik ayran üretimi üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 153 s.
- TUİK (2020). Süt ve Süt Ürünleri Üretimi. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=37231&dil=1> (Erişim tarihi: 20.02.2021).
- Valero, E., Villamiel, M., Miralles, B., Sanz, J., MartíNez-Castro, I. (2001). Changes in flavour and volatile components during storage of whole and skimmed UHT milk. *Food Chem*, 72(1): 51-58, doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00203-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00203-X).

Wiley, (2005). Wiley Registry of Mass Spectral Data 7. Edition (Fred. W. McLafferty), 2005 (CD-ROM).

Yetişemeyen, A., Arıöz, N. (1995). Farklı koyulaştırma oranı ve kurutma sıcaklığında elde

edilen yayıkaltı tozunun kalite kriterlerinin belirlenmesi. *GIDA*, 20(2): 117-122.

Yıldırım, ., Güzeller, N. (2013). Peyniraltı suyu ve yayıkaltının toz olarak değerlendirilmesi. *.Ü.Z.F. Dergisi*, 28(2): 11-20.



ET ÜRÜNLERİNDE TUZUN FONKSİYONLARI, TUZ AZALTIMASI AMACIYLA KULLANILAN İKAME KATKILAR ve ETKİLERİ

Gülen Yıldız Turp*, Ayşegül Atalı

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

Geliş / Received: 12.05.2021; Kabul / Accepted: 12.08.2021; Online baskı / Published online: 20.09.2021

Yıldız Turp, G., Atalı, A. (2021). Et ürünlerinde tuzun fonksiyonları, tuz azaltılması amacıyla kullanılan ikame katkıları ve etkileri. *GIDA* (2021) 46 (5) 1256-1269 doi: 10.15237/gida.GD21091

Yıldız Turp, G., Atalı, A. (2021) The functions of salt, substitute additives used for salt reduction and their effects in meat products. GIDA (2021) 46 (5) 1256-1269 doi: 10.15237/gida.GD21091

ÖZ

Et ürünlerinde kullanılan tuz, su tutma kapasitesini geliştirilmesi, etin yumuşaklığını sağlaması, mikrobiyel koruyucu etki göstermesi, uçucu bileşiklerin etkinliğini artırması, renk pigmentinin gelişiminde rolü olması, lezzete katkısı sebebiyle önemlidir. Ancak yüksek miktarda tuz tüketimi birçok hastalığa neden olmaktadır. Tüketici bilincinin artması ve devlet otoritelerinin sağlık ile ilgili yaklaşımları gıda endüstrisinde tuz kullanımının azaltılmasına yönelik araştırmaların artmasına neden olmaktadır. Et ürünlerinde tuz kullanımını azaltmaya yönelik çalışmaların başında; ürün formülasyonlarında tuza alternatif olabilecek katkıların, örneğin klorür tuzları, laktatlar, fosfatlar, polisakaritler, deniz yosunları, lezzet artırıcılar, aminoasitler ve nükleotidler, süt mineralleri karışımlarının geliştirilmesi gelmektedir. Bu çalışmalarda temel amaç, tuzun sağladığı özellikleri üründe koruyacak katkıları geliştirerek sodyum tüketimini azaltmaktır. Bu çalışmada, et ürünlerinde tuz ikamesi olarak kullanılan katkıları ve bu katkıların ürün özellikleri üzerine etkileri derlenerek sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Et, et ürünleri, tuz, katkı maddeleri, sağlık

THE FUNCTIONS OF SALT, SUBSTITUTE ADDITIVES USED FOR SALT REDUCTION AND THEIR EFFECTS IN MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

The use of salt in meat products is important, because salt increases the water retention capacity, provides tenderness of meat, has a microbial protective effect and contributes to taste. However, high consumption of salt causes many diseases. Increasing consumer awareness and health policies of state authorities lead to increase researches on reducing salt use in the food industry. The primary studies to reduce the use of salt in the meat industry have a content of the addition of additives such as chloride salts, lactates, phosphates, polysaccharides, seaweeds, flavor enhancers, amino acids and nucleotides, milk minerals mixtures that may be an alternative to salt in product formulations. The purpose of using salt substitute is to reduce sodium consumption by developing additives that will keep salt providing quality characteristics. This review includes the additives used in the meat products as salt substitutes and their effects on product properties.

Keywords: Meat, meat products, salt, additives, health

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ gulen.yildiz.turp@ege.edu.tr

☎ (+90) 232 311 3038

☎ (+90) 232 311 4831

Gülen Yıldız Turp; ORCID no: 0000-0002-9318-3349

Ayşegül Atalı; ORCID no: 0000-0002-6563-3090

GİRİŞ

Sodyum; hücre zarını koruyan, ince bağırsakta besinlerin emiliminde rol oynayan, asit-baz dengesini sağlayan, hücrenin dışındaki sıvının hacmini düzenleyen, kan basıncı hacmini etkileyen ve dengeli alımı önemli olan bir mineraldir (WHO, 2020). Sodyum klorür (NaCl), yaklaşık olarak %40 sodyum ve %60 klorürden oluşmaktadır. İnsan vücudundaki sodyumun %90'ından fazlası diyetdeki yenilebilir tuzdan gelmektedir. Halk arasında "tuz" denildiğinde büyük çoğunlukla "sodyum klorür tuzu" ifade edilmektedir (Kamenik vd., 2017; Pretorius ve Schönfeldt, 2018; European Commission, 2020). 1 g sodyum klorür, 393.4 mg sodyum'a eşittir (Bistola vd., 2020).

Tuz, gıdalara lezzet vermesinin yanı sıra gıdaların raf ömrü süresince ürün güvenliğini koruması ve yapısal özelliklerini iyileştirmesi sebebiyle üretim proseslerinde ve tüketim tercihlerinde önemli bir yere sahiptir (Inguglia vd., 2017). Ancak aşırı tuz tüketimi; kalp-damar hastalıkları, böbrek hastalıkları ve tansiyon bozuklukları başta olmak üzere felç, diyabet, osteoporoz, mide kanseri, obezite, multiple skleroz (MS), katarakt gibi birçok rahatsızlığa neden olmaktadır (Desmond, 2006; Mora-Gallego vd., 2016; Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018; Pandian vd., 2018; Cappuccio vd., 2019).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yetişkinler için günde <5 g tuz (yaklaşık <2 g sodyum) tüketilmesini önermektedir (WHO, 2012). Küresel tuz tüketimi önerilen seviyeye düşürülürse, her yıl yaklaşık 2,5 milyon ölümün önlenebileceği açıklanmıştır (WHO, 2020). Ancak küresel ortalamanın önerilen tuz tüketiminden çok yüksek olduğu ve ortalama 9-12 g/gün olduğu belirtilmektedir (He ve Macgregor, 2012; Erkoyun vd., 2016). Dünyada en yüksek tuz tüketimi Orta Asya'da (13.775 g/gün) görülmektedir (Powles, 2013). Avrupa'da kişi başına yılda en fazla sodyum alımına sahip ülkeler, Çek Cumhuriyeti başta olmak üzere Doğu ve Orta Avrupa ülkeleridir. Almanya, Kıbrıs, Bulgaristan ve Letonya günlük en düşük tuz tüketimine sahip ülkeler arasında yer almaktadır (Kloss vd., 2015).

Türkiye'de tuz tüketiminin önerilenin üç katı olması Sağlık Bakanlığı'nı harekete geçirmiş ve "Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı"nın başlamasına neden olmuştur. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın da desteklediği bu program kapsamında, öncelikle ekmeklerin tuzu azaltılmıştır. Sonra peynir, salça, et ürünleri gibi işlenmiş gıdaların tuzunun azaltılması, toplu beslenme yapılan yerlerdeki menülerde tuz oranının düşürülmesi, masalardan tuzluğun uzaklaştırılması gibi önlemler alınmıştır ve alınmaya devam etmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2016). Ülkemizde Türkiye Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği tarafından yapılan ve Türk Toplumunda Tuz Tüketimi Çalışması "SALTürk" adı verilen çalışmada, 2008 yılında ortalama 18 g/gün olan tuz tüketimi, yapılan yasal düzenlemeler ve bilinçlendirme faaliyetleri sayesinde 2012 yılında 15 g/gün'e düşmüştür (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018).

Türkiye'de ve dünyada tüketici bilincinin artması ve devlet otoritelerinin sağlık politikaları, gıda endüstrisinde tuz kullanımının azaltılmasına yönelik düzenlemelerin ve araştırmaların artmasını sağlamakla birlikte tuz tüketiminde istenilen seviyeye ulaşamadığı görülmektedir. Günümüzde yetişkin insanların tükettikleri günlük ortalama tuz seviyesi tavsiye edilen miktarın çok üstündedir (Conroy vd., 2019). WHO üye devletlerinin, önerilen <5 g/gün tuz tüketimi hedefine ulaşma yolunda 2025 yılına kadar tuz tüketimlerini %30 azaltma kararları bulunmaktadır (Chestnov, 2013).

Az miktarda tuz içeren taze gıdalar (et, sebze ve meyve gibi) işlem gördüğünde tuz seviyesi önemli oranda artmaktadır (Inguglia vd., 2017; USDA, 2018). Endüstriyel olarak işlenmiş gıda maddeleri, gelişmiş ülkelerde tuz alımının yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır. Sodyum alımına en fazla katkıda bulunan gıdalar; işlenmiş etler (%18), ekmek ve unlu mamuller (%13), süt ürünleri (%12) ve soslardır (%11) (Aaslyng, Vestergaard ve Koch, 2014; Kamenik vd., 2017).

Bilimsel çalışmalar ışığında tüketiciler ve et endüstrisi daha az sodyum içeren daha sağlıklı bir diyetin yararları hakkında bilinçlenirken, az tuzlu

et ürünlerine olan talep birçok ülkede artmaktadır. İşlenmiş et ürünlerinde tuz azaltma çalışmaları 1980'lerde başlamıştır. Ancak et ürünlerinde tuz azaltma, gıda endüstrisi için büyük zorluktur. Tuz, ürüne lezzet vermesinin yanı sıra ürün güvenliğini ve raf ömrünü korumaya yardımcı olmaktadır ve et proteinlerinin yapısını etkileyerek işlenmiş et ürünlerinin istenilen özelliklerde üretilmesi üzerinde etkisi bulunmaktadır (Bingöl ve Bostan, 2012; Inguglia vd., 2017; Conroy vd., 2019).

Et endüstrisinde tuz kullanımını azaltmaya yönelik çalışmaların başında; tuza benzer kalite sağlama rolünü gerçekleştirebilecek alternatif katkıların et ürünlerinin tuzluluk lezzetini etkilemeden ürün formülasyonlarına ilavesi gelmektedir. Tuz ikamesi katkı maddelerinin kullanımı ile tuz tüketiminde yaklaşık %30-50 oranında azalma öngörülmektedir (CTAC, 2009).

Bu çalışmada; tuzun et ve et ürünleri üzerindeki fonksiyonları ve et ürünlerinde tuzun kullanımını azaltmak amacıyla ilave edilen katkı maddeleri ve bu katkı maddelerinin et ve et ürünlerine etkileri derlenmiştir.

TUZUN ET ÜRÜNLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Et ve et ürünleri, yüksek protein değeri, esansiyel amino asitleri, esansiyel yağ asitleri, B-kompleks vitaminleri, demir ve çinko gibi mineralleri bulundurmasından dolayı insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir (Riberio vd., 2019). Ancak işlenmiş etler, diyetimizde başlıca tuz kaynaklarından biridir. Et ürünlerinin muhafazasında antik çağlardan beri kullanılmakta olan tuz, aynı zamanda modern et endüstrisinde de en çok kullanılan katkı maddelerinden biridir.

Tuz, antibakteriyel bir bileşiktir. Tuzun mikroorganizmalara karşı antibakteriyel etkisi, et ürünlerine uygulanan diğer antimikrobiyel bileşenler ve işlemlerle desteklenmektedir (Gökalp vd., 2012). Tuzun su aktivitesini düşürmesi ve mikroorganizmalar üzerine etkili olan ozmotik basınç oluşturan iyonlarının varlığı işlenmiş etlerin raf ömrünü arttırmaktadır (Weiss vd., 2010). Tuz aynı zamanda kas dokusundaki

oksijenin çözünürlüğünü azaltarak ve bakteriyel proteolitik enzimlerin aktivitesini limitleyerek de bakteri çoğalmasını engelleyebilmektedir. Tuzun, bakteriler üzerinde yüksek toksik etkisi olmasına rağmen maya ve küflere karşı etkisi sınırlıdır (Gökalp vd., 2012).

Tuz, et ürünlerine karakteristik lezzetini veren önemli bir bileşendir. Bu kapsamda tuzun işlenmiş et ürünlerinin tipik lezzetini arttırdığı belirlenmiştir (Weiss vd., 2010). Et ürünlerinde algılanan tuzluluğun sebebi Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarından kaynaklanmaktadır. Lezzet yoğunluğu, et ürünlerinde tuzun konsantrasyonuna bağlıdır. Et ürünlerini işleme sırasında tuz, proteoliz ve lipolizi etkileyerek lezzete katkısını arttırmaktadır. Sodyum klorür oranının değiştirilmesi, gıda matrisinin yapısını değiştirmektedir. Bu durum gıda matrisinin uçucu ve uçucu olmayan bileşenlerini ve aralarındaki fizikokimyasal etkileşimler yoluyla lezzet bileşiklerinin salınım kinetiğini etkilemektedir (Taylor vd., 2018; Flores, 2018; Thomas-Dangui vd., 2019; Campo vd., 2020).

Tuzun et ürünlerinde %1.5-2.5 arasında bulunması, myosin proteinini çözündürerek et ürünlerinin su tutma kapasitesinde ve etin yumuşaklığı gibi dokusal özelliklerinin gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Guo vd., 2020). Tuz, etin gevrekliğini su tutma kapasitesinde artış sağlayarak ve jelatinizasyonla arttırmaktadır (Zheng vd., 2019). Tuz eklendiğinde ve proteinler çözüldüğünde, et hamurlarının viskozitesi artar, proteinler protein ağını oluşturmak üzere bir interaksiyona girerler, böylece stabil bir emülsiyon oluşur (Desmond, 2006; Weiss vd., 2010). Düşük tuzlu et ürünleri ile ilgili temel problem, esas olarak düşük iyonik mukavemet altında myofibriler proteinin düşük çözünürlüğü nedeniyle pişme verimi, sululuk ve dokunun bozulmasıdır (Tamm, 2016; Akgün vd., 2018; Guo vd., 2020).

Et ürünlerinin rengi, renk pigmentleri ile kürlenme maddelerinin reaksiyonuna bağlıdır. Sodyum klorür tuzunun, et ürünlerinde meydana gelen renk pigmentinin gelişiminde rolü bulunmaktadır. Klorür iyonunun, kürlenmiş etlerde nitrinden nitrik

oksit oluşum oranını artırarak kürlenmiş renk oluşumunu hızlandırdığı bildirilmiştir (Tarte, 2009; Pinna vd., 2020).

Et ve et ürünlerindeki suyun değişimi ve yayılımı, ürünün görünüm, gevreklik, sertlik, sululuk gibi kalite özellikleri ve mikrobiyolojik stabilitesinde önemli bir etkiye sahiptir. Su molekülü kılcıl damarlar ile myofibriller arasındaki boşlukta tutulmakta ve bu boşluktaki artma veya azalma su tutma kapasitesini belirlemektedir. Tuz, pH değişimini sağlamakta ve proteinlerin çözünmesi gerçekleşmektedir. pH değeri, tuzlu ve kuru et ürünlerinde su kaybı ve su tutma kapasiteleriyle ilişkilendirilmektedir. Tuz ilavesi, etin su aktivitesini ve pH değerini düşürmekte, mikrobiyel koruyucu etki oluşmaktadır (Inguglia vd., 2017; Vidal vd., 2019).

Sodyum klorürün pro-oksidant aktivitesi; hücre membranı bütünlüğüne zarar vererek okside ajanların lipid substratlarına ulaşmasını kolaylaştırması, hem proteinleri gibi demir içeren moleküllerden demir iyonlarının serbest kalması, antioksidan enzimlerin aktivitelerinin engellenmesi nedeniyledir (Mariutti ve Bragagnolo, 2017).

Yapılan bir çalışmada, kavurma üretiminde farklı oranlarda kullanılan tuzun, depolama süresince üründe kalite ve besin değeri kaybına neden olan furozin ve ileri glikasyon ürünlerinden biri olan Ne-karboksimetil-lisin oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Üründe %1.5 ve %2 oranlarında tuzun, %1 tuz kullanımına göre daha yüksek furozin içeriğine neden olduğu, bunun yanında farklı tuz oranlarının Ne-karboksimetil-lisin oluşumu üzerinde önemli düzeyde etkili olmadığı belirlenmiştir (Bayrak vd., 2021). Farklı pastırma tiplerinde iki farklı tuz oranı (%3 ve %5) kullanımının ürün yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, %5 tuz içerikli örneğin, %3 tuz içerikli örneğe kıyasla daha yüksek oleik asit oranına sahip olduğu, bunun yanında palmitik, stearik, oleik ve linoleik yağ asitleri üzerinde pastırma çeşidi x tuz oranı interaksiyonunun önemli olmadığı belirlenmiştir (Kabil vd., 2020).

ET ÜRÜNLERİNDE TUZA İKAME OLARAK KULLANILAN KATKI MADDELERİ

Klorür Tuzlarının Kullanımı

Sodyum klorürün (NaCl) et ürünlerinde kullanımının azaltılması amacıyla sodyumun, kalsiyum, magnezyum ve potasyum gibi klorür tuzlarıyla değiştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak klorür tuzları, et ürünlerinin lezzeti üzerine olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Klorür tuzlarının bu etkilerini azaltmak amacıyla lezzeti geliştirecek katkılar ile birlikte kullanımları üzerine çalışmalar yürütülmektedir (Inguglia vd., 2017).

Mineral tuzlarının, özellikle istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini kontrol etmede etkili olduğu belirtilmiştir (Mitchell, 2019). Et proteinlerinin jelleşmesi sırasında iki değerlikli katyonların (kalsiyum ve magnezyum) ve tek değerlikli katyonun (potasyum) et proteinlerinin işlevselliğini arttırdığı belirtilmektedir. Düşük tuz/sodyum içeren gıdalarda sodyum klorür alternatifi olarak en çok kullanılan katkı maddesi potasyum klorürdür (Bidlas ve Lambert, 2008). WHO, potasyum mineralinin sağlık faydaları sebebiyle >3.5 g/gün alımını önermektedir. Günlük potasyum alımının sodyum alımından fazla olması gerektiği belirtilmektedir. Ancak potasyumun fazla alımının böbreklerden atılımı zorlaştırması sebebiyle kullanımına da dikkat edilmesi gerekmektedir (Luta vd., 2018).

Potasyum klorürün tek başına sodyum klorürün alternatifi olarak kullanımı acı ve metalik bir tat vermesi nedeniyle ancak düşük oranlarda gerçekleşebilmektedir. Artan kullanım miktarlarında tadın iyileştirilmesi amacıyla lezzet arttırıcılar (genellikle MSG, maya ekstraktları veya umami tat veren aromalar) veya maskeleyen ajanları (trikalsiyum fosfat; sitrik asit; magnezyum sülfat; potasyum iyodür; tartar kreması) kullanılmaktadır. Diğer katkı maddeleri ile kullanımında %50 potasyum klorür (KCl) kullanımı mümkün olmaktadır. Sodyumun %50 oranında azaltılması amacıyla %30-50 KCl ve %5-20 lezzet arttırıcılar formülasyonlarda yer alabilmektedir. Sodyum klorürün 1.5 katı kadar potasyum klorürün mikrobiyel gelişme üzerinde

benzer bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (CTAC, 2009; Capanec vd., 2017; Mitchell, 2019).

PuraQ®Arome NA4; şeker, organik asit tuzları ve aroma karışımının fermantasyonundan üretilmektedir ve potasyum klorürün kullanımını arttırmak amacıyla ticari lezzet arttırıcı olarak kullanılmaktadır. PuraQ®Arome NA4 eklenen hamburger köftesinin mikrobiyolojik, duyu ve fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiştir. 100%NaCl, 50%NaCl + 50%KCl + PuraQ®Arome NA4 ve 40%NaCl +60%KCl + PuraQ®Arome NA4 formülasyonu ile hazırlanan hamburger köftelerinde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerde belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. %50 NaCl ile %100 NaCl kullanılan köftelerin genel beğeni puanlarının yakın olduğu gözlemlenmiştir. %60 KCl kullanılan köfte formülasyonunda potasyum klorürden kaynaklanan hafif acımsı tat hissedilirken genel beğenide yüksek bir düşüş belirlenmemiştir (Vidal, 2020).

KCl, CaCl₂, ve MgCl₂'ün kısmi olarak sodyum klorür ile yer değiştirmesinin myofibriller proteinlerin jel yapısına etkilerinin incelendiği bir çalışmada en yüksek tuz içeriğine sahip örneklerde, jel yapısının homojen ve yüksek kalitede olduğu belirlenmiştir. Ayrıca %25 KCl ikamesinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği ve jel mukavemeti ile birlikte su tutma kapasitesini arttırdığı gözlemlenmiştir (Ge vd., 2020). Potasyum klorürün acı-metalik tadını azaltmak amacıyla kristal yapısının değiştirilmesi esasına dayanan modifiye edilmiş potasyum klorür kullanılabilmektedir. Yapılan bir çalışmada sosis üretiminde, modifiye potasyum klorürün yalnızca potasyum klorür kullanımına kıyasla örneklerin duyu değerlendirme sonuçlarını olumlu etkilediği belirlenmiştir (Stanley vd., 2017).

İstenilen tuzluluk tadı, daha düşük sodyum içerikli bazıları ticarileştirilmiş olan tuz karışımları ile elde edilebilmektedir. Bunun bir örneği Pansalt'tır. Pansalt, patentli bir NaCl ikamesidir. Pansalt'ın formülasyonunda sodyumun yaklaşık %50'si potasyum klorür, magnezyum sülfat ve esansiyel amino asit l-lisin hidroklorür ile yer değiştirmiştir. Amino asidin kullanımı, NaCl ikame edicisinin

tuzluluğunu arttırmaktadır ve potasyum ve magnezyumun tadını maskelerken insan vücudundan sodyum atılımını arttırmaktadır. Pansalt içeriğinde fosfatlı çözeltilerde çözünmeyen Mg⁺² iyonlarının bulunmasından dolayı, fosfat eklenmemiş et ürünleri için daha uygundur (Desmond ve Vasilopoulos, 2019). Malabar firması tarafından et ürünlerinde tuz ikamesi olarak kullanılmak üzere üretilen "Low-So Salt", modifiye edilmiş potasyum klorür ve pirinç unu içermekte ve salamda %25 oranında tuz azaltılmasını sağlamaktadır (Inguglia vd., 2017). Wixon firması tarafından üretilen patentli KcLean Salt®, potasyum klorür ve sodyum klorürün bir karışımı olup, tuz kullanımında %50'ye varan bir azalma sağlamaktadır. Potasyum klorür içerikli Kalimer ise Kali firması tarafından üretilmekte ve ürünlerde sodyum içeriğini %30 oranında azaltmaktadır. Benzer şekilde potasyum klorür ana bileşenli Salt Trim, Wild Flavors firması tarafından üretilmekte ve ürünlerde %50 oranına kadar sodyum azaltılmasını sağlayabilmektedir (CTAC, 2009; Inguglia vd., 2017).

Geleneksel Türk et ürünleri arasında olan pastırma tuz içeriği yaklaşık %5 civarındadır. Yapılan bir çalışmada, pastırma üretiminde NaCl miktarı %50 oranında azaltılarak, yerine KCl ve CaCl₂ tuzları kullanılmıştır. Elde edilen pastırma örneklerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler bakımından kabul edilebilir düzeyde olduğu, en uygun ikame maddesinin KCl olarak belirlendiği bildirilmiştir (Ekmekçi, 2012). Bununla birlikte ısı işlem görmüş sucuk örneklerinin koku ve tat puanlarını azaltması nedeniyle KCl'nin ikame seviyesinin %50'yi geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (Oral ve Kaban, 2021). Ayrıca ısı işlem görmüş sucukta KCl'nin artan oranlarının üründe oksidasyonu arttırdığı ve pH değerini azalttığı yapılan başka bir çalışma ile ortaya konulmuştur (Bayraktar, 2017). Sucuk üretiminde sodyum klorür yerine farklı oranlarda KCl, MgCl₂, CaCl₂ tuzlarının kullanıldığı ve bu tuz karışımlarının olgunlaştırma sırasındaki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, en düşük *Micrococcus*/*Staphylococcus* sayısı ve su aktivitesi değerinin NaCl kullanılan kontrol örneğinde belirlenmiştir (Şimşek, 2016).

Laktatların Kullanım

Laktik asit ve tuzu olan laktatlar, tüketiciler için sağlık riski oluşturmamaları, ürünün renk, lezzet ve doku gibi duyuşsal özelliklerini iyileştirmeleri ve ayrıca ürünlerin mikrobiyolojik güvenilirliklerini arttırmaları nedeniyle katkı maddesi olarak önerilmektedir. Sodyum laktat, sodyum klorüre oranla %50 daha az sodyum içermektedir. Potasyum ve sodyum laktatlar et ve kanatlı endüstrisinde antimikrobiyel ajanlar olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sodyum ve potasyum laktat tuz oranı azaltılmış et ürünlerinde denenmiş ve belirli bir tuzluluk seviyesini korudukları tespit edilmiştir (Bingöl ve Bostan, 2012). Potasyum laktat, tuz benzeri işlevselliğe ve güçlü su bağlama özelliğine sahip olduğu ve ayrıca antimikrobiyel özellik gösterdiği için tuz ikamesi olarak tercih edilebilmektedir. Bununla birlikte, Potasyum laktat, genellikle potasyum bazlı ürünlerle ilişkilendirilen acı tat verici maddeler içermemektedir (Choi vd., 2014). Yapılan bir çalışmada sosis üretiminde tuzun %40 oranında potasyum laktat ile ikame edilmesi sonucunda doku özelliklerinden sertlikte azalma olduğu tespit edilmiştir (Gelabert vd., 2003). Kalsiyum laktatın içerdiği kalsiyum; kemik sağlığı, diğer fizyolojik fonksiyonlar ve enzimatik reaksiyonlar sebebiyle insan diyetinde en önemli minerallerden biridir (Gore vd., 2019). Ayrıca et ürünlerinde oksidasyonu geciktirerek renk stabilitesini sağlamaktadır (Kim vd., 2019). Sertleştirici ve kabartma ajanı olarak kullanılan kalsiyum laktat içeren karışım, Harbin sucuğuna ilave edildiğinde NaCl oranının %30 azaldığı, lipit ve protein oksidasyonunun geciktirildiği görülmüştür (Wen vd., 2019).

Fosfatların Kullanımı

Fosfatlar genellikle su tutma kapasitesini ve pişme verimini arttırmak için et ürünlerinde kullanılmaktadır. Fosfatların işlevselliği tuz ilavesinden büyük ölçüde etkilenmektedir ve bu bileşenler sinerjistik etki etmektedir. Yapılan bir çalışmada, sodyum difosfat ve tetra potasyum profosfatın bologna tipi sosis ve jambon üretiminde tuz azaltılması amacıyla kullanılabildiği belirlenmiştir (Ruusunen vd., 2002). Sodyum fosfat %30 sodyum içeriğine sahip olması nedeniyle et ürünlerinde sodyum miktarını

arttıran bir katkı maddesidir. Bu nedenle tuz ikamesi olarak sodyum fosfat yerine potasyum fosfat kullanımı önerilmektedir. Sodyum difüzyon oranlarının sınırlandırılması yoluyla sodyum azaltma stratejisi uygulanan bir çalışmada, hindi küplerinde yüksek moleküler ağırlıklı sodyum tuzlarının etkisi incelenmiştir. Çalışmada, sodyum klorürden (35 g/mol) daha büyük moleküler ağırlıklı sodyum anyon tuzu olan disodyum fosfatın (95 g/mol) sodyum klorür ile 50:50 (ağırlıkça) karışımının kullanılması durumunda üründe %20 daha düşük sodyum içeriğine ulaşıldığı saptanmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda ürünün doku özelliklerinin geliştiği ve genel kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Pandya vd.,2020).

Polisakkaritlerin Kullanımı

Polisakkaritler, monomerlerin glikozit bağlar yoluyla birleşmesiyle hayvan, bitki veya mikroorganizmalardan üretilen makromoleküllerdir (Ruusunen vd., 2003) Sodyum nitrat, karboksimetil selüloz ve karragenan karışımı ilave edilen düşük tuz içerikli sosislerin pişme kaybının azaldığı, lezzet yoğunluğu ve sululuğunun arttığı belirlenmiştir (Kaur, 2019). Yapılan başka bir çalışmada, tavuk ürünlerinde tuz ve polifosfat içeriğinin azaltılmasında yulaf β -glukanın jel oluşturma kabiliyetinden yararlanılarak, yüksek basınç işleminin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Omana vd., 2011).

Deniz Yosunlarının Kullanımı

Deniz yosunu; polisakkaritler, uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), protein, karotenoidler, fenolik bileşikler, vitaminler ve mineralleri içeren önemli bir gıdadır (Gullon vd., 2020). Dolayısıyla antioksidan, antihiperlipidemik, antihipertansif ve antikanser özellikleri sebebiyle sağlık açısından faydalıdır. AB tarafından finanse edilen TASTE Projesi ile, yenilebilir alglerin farklı gıdalarda NaCl'nin yerini alma potansiyeli araştırılmaktadır. Na, Ca, Mg, P, Mn, K, I, Fe ve Zn gibi yüksek mineral içeriği, deniz yosunlarının işlenmiş ette tuz ikame maddesi olarak kullanımına imkan vermekte, ayrıca et ürünlerinde bulunmayan diğer minerallerin alımını arttırmaktadır. Bunun yanında deniz yosunları, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalık

risklerini önlemek için uygun bir özellik olan düşük Na / K oranına sahiptir. Deniz yosunları et ürünlerinde tuz miktarını azaltma, besin değerini artırma, pişme kaybını azaltma, duyu özellikleri iyileştirme ve fiziko kimyasal yapıyı geliştirme amaçlı kullanılabilir. Deniz yosunu özütü içeren AlgySalt®, PureSea ve Seagreens ticari ürünleri tuz ikamesi olarak piyasada bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, sosis üretiminde tuz ikamesi olarak AlgySalt® ile KCl, CaCl₂ ve MgCl₂ karışımı etkileri karşılaştırılarak incelenmiştir. Her iki formülasyon da NaCl içeren kontrol örneklerine kıyasla benzer mikrobiyolojik koruyucu etki göstermiştir. AlgySalt® ile formüle edilen et ürünlerinde istenen renk, doku ve sululuk elde edilmiştir (Triki vd., 2017; Gullon vd., 2020).

Lezzet Arttırıcıların Kullanımı

Lezzet arttırıcılar, gıdanın tadını doğrudan değiştirmeden tat ve koku algısını arttıran maddelerdir. Bunlar ağız ve boğazdaki duyu merkezlerini aktifleştirerek tuzun azaltılması sonucunda ortaya çıkan lezzet kaybını geriye kazanmaya yardımcı olmaktadır. Bazı lezzet arttırıcılar umami tadını algılayan reseptörleri uyarak gıdanın lezzet dengesini değiştirmektedir ve bu tat, düşük sodyumlu ürünlerin yavan lezzet profilini iyileştirmektedir. Maya özütü, hidrolize bitkisel protein (HVP), monosodyum glutamat (MSG), glutamik asit, nükleotid içeren bileşenler gibi gıda bileşenleri umami karakteri ortaya çıkarmaktadır (Inguglia vd, 2017; Sağlık Bakanlığı, 2019).

Glutamik asit, umami lezzet veren bir bileşiktir ve protein bakımından zengin mantar, bezelye, domates, mısır ve sığır eti gibi gıdalarda doğal olarak bulunmaktadır. Glutamik asit ayrıca pekmez fermantasyonu veya bitkisel proteinin hidrolizi yoluyla ticari olarak üretilmektedir. Monosodyum glutamat elde etmek için sıklıkla sodyum ile birleştirilmektedir (CTAC, 2009; Chapman ve Speirs, 2014). Glutamik asit ve sodyumun bir kombinasyonu olan MSG, işlevselliği, ucuz olması, kolay üretilmesi ve düşük konsantrasyonda kullanılabilme avantajları sebebiyle en çok kullanılan lezzet arttırıcıdır. MSG daha önceleri alg gibi protein

bakımından zengin kaynaklardan elde edilirken, günümüzde endüstriyel fermantasyon yöntemiyle melastan üretilmektedir. MSG tuzdan üç kat daha az sodyum içermektedir ve sodyum miktarının %20-40 oranında azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Tuzlu yiyeceklerin lezzetini ve algılanan tuzluluğunu arttırmaktadır ve umami tat reseptörlerini uyaran tuzlu bir tat vermektedir (Henney, 2010; Mitchell, 2019; Sağlık Bakanlığı, 2019). Ancak MSG'nin hiperaktivite, obezite, mide rahatsızlıkları, migren gibi sağlık problemlerine yol açma olasılığı nedeniyle kullanımından kaçınılmaktadır. Bu nedenle gıda üreticileri maya özütleri gibi alternatif doğal lezzet arttırıcılarını araştırmaya yönelmektedirler (Kilcast ve Ridder, 2007; Henry-Unaeze, 2017; Mitchell, 2019).

Maya ekstraktı; peptitler, nükleotidler, glutatyon, B vitaminleri ve amino asitlerce zengin olup lezzeti iyileştirmek için kullanılan doğal bir maddedir. Maya ekstraktı, endüstriyel gıda fermantasyonu ile birçok formda üretilmektedir. Maya ekstraktında uçucu olan veya olmayan aromayı aktifleştiren bileşiklerin çoğu ısısal işlem sırasında üretilmektedir ve lezzeti arttırmaktadır. Genellikle “ızgara veya kızarmış” etki oluşturan bir tat sağlamaktadır. Tuzlu ve umami etki sağlamak için kullanılmaktadır. Springer® Maya Ekstraktı, ticari olarak satılan maya ekstraktına örnek verilebilir (Alim vd., 2018; Vidal vd., 2019).

Hidrolize bitkisel protein, yüksek seviyelerde glutamat içeren bir lezzet arttırıcıdır. Hafif et lezzeti oluşturmaya katkıda bulunması sebebiyle et suyu, çorba, sos ve et ürünlerinde kullanılan baharat karışımlarında özellikle tercih edilmektedir. Toz, macun veya sıvı halde bulunabilmektedir (CTAC, 2009; Chapman ve Speirs, 2014; Mitchell, 2019).

Aminoasitlerin ve Nükleotidlerin Kullanımı

Myosinin çözünürlüğünü arttırmak, tuzu azaltılmış et ürünlerinin üretiminde önemlidir. Histidin, L-arginin ve besin değeri yüksek esansiyel bir amino asit olan L-lisin düşük iyonik güçte olan myosinin çözünürlüğünü arttırmaktadır. L-arginin ve L-lisin emülsiyon stabilitesini ve su tutma kapasitesini arttırmakta, jel yapısını

iyileştirmekte, ayrıca pişme kaybını azaltmaktadır (Li vd., 2019). Et ürünlerinde NaCl içeriğinin kısmen KCl ile yer değiştirilmesi durumunda lisinin üründe bir lezzet artırıcı olarak görev yaptığı ve KCl kaynaklı acı-metalik tadın azaldığı belirlenmiştir (Vidal vd.2020). Yeniden formüle edilerek sodyum içeriğinde %35.8 oranında azalma sağlanan jambona %0.8 L-lisin ilavesinin su tutma kapasitesini artırdığı, dokusal özellikleri iyileştirdiği ve duyuşal değerlendirme ile belirlenen genel kabul özelliğini olumsuz yönde etkilemediği gözlemlenmiştir (Guo vd., 2020).

Umami tat, inosin-5-monofosfat (IMP), guanosin-5-monofosfat (GMP) ve adenosin-5a-monofosfat (AMP) gibi serbest nükleotitlerin varlığı ile artırılabilir. Nükleotidler, MSG ile sinerji halinde umami tadın yoğunluğunu yükseltebilmekte ve lezzeti geliştirebilmektedirler. Bu nükleotidlere örnek disodyum guanilat, disodyum inosinat, kalsiyum inosinat, disodyum ribonükleotid, kalsiyum ribonükleotid verilebilir (Hoppu vd., 2017; Mitchell, 2019). Marlow Foods firmasının ürünü olan Mycoscent, ribonükleotitlerden oluşan bir mikoprotein türevidir. Aroma geliştirici olarak belirtilmektedir. Mycoscent'in tuzlu tat verebilme işlevi, gıdanın içeriğindeki tuzun tadını artırması şeklinde gerçekleştiği için, tuz ile kombinasyonu gereklidir (Parniakov vd., 2020).

Aromatik Bitkiler ve Baharatların Kullanımı

Aromatik bitkiler ve baharatlar, lezzet yoğunluğunu artırdıklarından dolayı tuz azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadırlar. Tuzu azaltılmış et ürünlerine kırmızı biber, dereotu, nane, kekik, fesleğen, soğan, sarımsak, maydanoz, kereviz, kişniş, kekik, limon, biberiye, kekik, köri ve ısırgan otu ilavesi lezzeti geliştirmektedir. Aromatik bitki ve baharatların et ürünlerinde yapısal fonksiyonlarının azlığı sebebiyle, düşük sodyum içerikli veya sodyum dışındaki tuzların baharatlarla karışımları tercih edilmektedir. Aroma, lezzet artırıcı ve renklendirici eklenen azaltılmış sodyum klorürden oluşan formülasyonların ticari başarılarının yüksek olduğu gözlenmektedir (Parniakov vd., 2020; Taladrid vd., 2020).

Farklı Yapıda Sodyum Klorür Tuzu Kullanımı

Tuz mikroküreleri olarak patentli üretilen Soda-Lo® içeriğinde, standart deniz tuzu kristallerinden dönüşen kristal mikroküreler bulunmaktadır. Bu mikrokürelerin içi boştur ve normal tuz kristallerinden çok daha küçüktür (parçacık büyüklüğü 20-30 µm). Soda-Lo® gıda matrisinde mükemmel bir dağılım sağlayarak, sodyum benzeri tat oluşturmada ve sodyum azaltılmasına imkân vermektedir. Jambon, hindi göğüs eti ve sosiste Soda-Lo® kullanılan bir çalışmada sosiste %30.07, jambonda %21.93 ve hindi göğüs etinde %10 sodyum azaltılması sağlandığı belirtilmiştir (Raybaudi-Massilia vd., 2019).

Yapılan bir çalışmada iki boyuta indirilen tuz kristallerinin sığır köftesinde tuzluluk hissini azaltmadığı ve başarılı bir şekilde sodyum miktarının azaltılması amacıyla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır (Gaudette vd., 2019).

Süt Mineralleri Karışımı Kullanımı

Süt mineralleri; süt ve peynir üretimi yapan işletmelerin yan ürünleridir. Süt mineralleri, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum gibi minerallerden oluşmaktadır ve peynir altı suyu, et ve balık ürünlerinde doğal bileşenler olarak ve tuz ikame maddeleri olarak kullanılabilir. Potasyum açısından zengin süt mineralleri, sosislere eklendiğinde iyi bir Na: K oranı sağlayabilmektedir ve tuzluluğu artırabilmektedir (Engeloug vd., 2017). Yapılan bir çalışmada mezgit balığı pudinginde süt minerallerinin kullanımının et proteinlerinin çözünürlüğünü ve su tutma kapasitesini artırdığı ve tuzluluk tadını etkilemeden sodyum miktarında azalma sağladığı belirlenmiştir (Greiff vd., 2015). Sütten elde edilen konsantre mineral karışımı, acı tat vermeden lezzet artırıcı olarak kullanılmaktadır. Armor Proteines firması tarafından üretilen Lacto Optitaste ürününün %25 oranında tuz kullanımını azalttığı, ayrıca temiz etiket olarak da tercih sebebi olabildiği belirtilmiştir (Chapman ve Speirs, 2014).

SONUÇ

Et ürünlerinde önemli fonksiyonları bulunan tuzun kullanım miktarının azaltılması amacıyla çok sayıda katkı maddesi denenmiştir. Potasyum ve kalsiyum gibi klorür tuzlarının kullanımı

üzerine yapılan çalışmaların en kapsamlı çalışmalar olduğu, ancak bu katkı maddelerinin et ürünlerinin duyuusal ve fiziksel bazı kalite özelliklerinde olumsuz etkiler oluşturabildiği gözlemlenmiştir. Klorür tuzlarının lezzet artırıcı katkılar ile birlikte et ürünlerinde kullanılması durumunda ise olumlu sonuçlar elde edilebildiği belirlenmiştir. Bunun yanında yapılan çalışmalarda et ürünlerinde tuz ikamesi olarak laktatların, aminoasitlerin, nükleotidlerin, polisakkaritlerin, deniz yosunlarının, aromatik bitki ve baharatların başarı ile kullanılabilirdiği, bu alanda üretilen bazı tuz ikamelerinin ticarileştirilerek endüstride kullanımına başlandıği görülmektedir. Son yıllarda umut vadeden çalışmaların bir kısmını da süt minerallerinin ve mikrokürelerinin yapısal özellikleri değiştirilen sodyum klorürün et ürünlerinde tuz ikamesi olarak kullanıldığı çalışmalar oluşturmaktadır. Ancak halen farklı tipte et ürünlerinin duyuusal, fonksiyonel ve mikrobiyolojik özelliklerinde, tuzun gösterdiği fonksiyonları gerçekleştirebilecek katkı arayışına yönelik, ayrıca farklı katkıların sinerjistik özelliklerinin de incelendiği daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

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

Aaslyng, M. D., Vestergaard, C., Koch, A. G. (2014). The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami. *Meat Sci*, 96(1), 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.004>

Akgün, B., Genç, S., Arıcı, M. (2018). Tuz: gıdalardaki algısı, fonksiyonları ve kullanımının azaltılmasına yönelik stratejiler. *Akademik Gıda*, 16(3), 361–370. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.475397>

Alim, A., Song, H., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., Zhang, S. (2018). Flavour-active compounds in thermally treated yeast extracts. *J Sci Food Agr*, 98(10), 3774–3783. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8891>

Bayrak, D., Anlar, P., Feyza, Z., Oral, Y., Kaya, M., Kaban, G. (2021). Furosine and N^ε-carboxymethyl-lysine in cooked meat product (kavurma): Effects of salt and fat levels during storage. *J Stored Products Research*, 93 (July), 101856. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101856>

Bayraktar, F. (2017). Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde potasyum klorür kullanımının ürün özelliklerine etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Bidlas, E., Lambert, R. J. W. (2008). Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. *Int J Food Microbiol*, 124(1), 98–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.031>

Bingöl E.B., Bostan K. (2012). Bir gıda katkı maddesi olarak laktatların et ve et ürünlerinde kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 38(1), 79–88–88. <https://doi.org/10.16988/iuvfd.86496>

Bistola, V., Arfaras-Melainis, A., Trogkanis, E., Bakosis, G., Polyzogopoulou, E., Karavidas, I. N., Karavidas, A. (2020). Safety and efficacy of salt substitution with a low sodium-potassium enriched dietary salt in patients with heart failure with reduced ejection fraction: A pilot study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 35, 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.11.004>

Campo, R., Rosato, P., Giagnacovo, D. (2020). Less salt, same taste: food marketing strategies via healthier products. *Sustainability*, 12(9), 3916. <https://doi.org/10.3390/su12093916>

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. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 29(2), 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.11.010>

- Cepanec, K., Vugrinec, S., Cvetković, T., Ranilović, J. (2017). Potassium Chloride-Based Salt Substitutes: A Critical Review with a Focus on the Patent Literature. *Comprehensive Reviews in Food Sci Food Safety*, 16(5), 881–894. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12291>
- Chapman, S. ve Speirs, C. (2014). *Campden BRI Station Road Chipping Campden Review of Current Salt Replacing Ingredients*. <https://www.campdenbri.co.uk/news/june12c.php> (Erişim:10.05.2020)
- Chestnov, O., Mendis, S., Bettcher, D. (2013). A milestone in the response to non-communicable diseases. *The Lancet*, 382(9891), 481–482. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61457-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61457-9)
- Choi, Y. M., Jung, K. C., Jo, H. M., Nam, K. W., Choe, J. H., Rhee, M. S., Kim, B. C. (2014). Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. *Meat Sci*, 96(1), 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.022>
- Conroy, P. M., O'Sullivan, M. G., Hamill, R. M., Kerry, J. P. (2019). Sensory optimisation of salt-reduced corned beef for different consumer segments. *Meat Sci*, 154 (February 2018), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.015>
- CTAC (2009). Reformulation of products to reduce sodium: Salt Reduction guide for the Food Industry. <https://www.foodtechcanada.ca/wp-content/uploads/2018/05/Salt-reduction-guide-for-the-food-industry.pdf> (Erişim Tarihi:03.05.2020)
- Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Sci*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>
- Desmond, E., Vasilopoulos, C. (2019). Reducing salt in meat and poultry products. In *Reducing Salt in Foods* (Second Ed). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100890-4.00007-x>
- Dötsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R., Meijer, G. (2009). Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Critical Reviews in Food Sci Nutr*, 49(10), 841–851. <https://doi.org/10.1080/10408390903044297>
- Ekmekçi, M. (2012). Tuzu Azaltılmış Pastırma Üretiminde Potasyum Klorür ve Kalsiyum Klorür Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 77.
- Engelou, A. M., Yi, G., Egelanddal, B., Haug, A., Nordvi, B. (2017). Commercial mineral enhanced dairy by-products as sodium replacers, antioxidants and calcium fortifiers in sausages. *J Food Sci*, 82(6), 1302–1309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13718>
- Erkoyun, E., Sözmen, K., Bennett, K., Unal, B., Boshuizen, H. C. (2016). Predicting the health impact of lowering salt consumption in Turkey using the DYNAMO health impact assessment tool. *Public Health*, 140, 228–234. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.04.014>
- European Commission (2020). <https://ec.europa.eu/jrc/en/health-knowledge-gateway/promotion-prevention/nutrition/salt> (Erişim:07.06.2020)
- Flores, M. (2018). Understanding the implications of current health trends on the aroma of wet and dry cured meat products. *Meat Sci*, 144, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.016>
- Gaudette, N. J., Pietrasik, Z., Johnston, S. P. (2019). Application of taste contrast to enhance the saltiness of reduced sodium beef patties. *Lwt-Food Sci Techn*, 116(June), 108585. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108585>
- Ge, G., Han, Y., Zheng, J., Zhao, M., Sun, W. (2020). Physicochemical characteristics and gel-forming properties of myofibrillar protein in an oxidative system affected by partial substitution of NaCl with KCl, MgCl₂ or CaCl₂. *Food Chem*, 309 (October 2019), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125614>
- Gelabert, J., Gou, P., Guerrero, L., Arnau, J. (2003). Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Sci*, 65(2), 833–839. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00288-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00288-7)

- Gore, E., Mardon, J., Cécile, B., Lebecque, A. (2019). Calcium lactate as an attractive compound to partly replace salt in blue-veined cheese. *J Dairy Sci*, 102(1), 1–13. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15008>
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö. (2012). Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi, Yayın No: 786, Ziraat Fakültesi Yayın No: 320, Ders Kitapları Serisi: 70, Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Ofset Tesisi, Erzurum
- Greiff, K., Staurem, C. J., Nordvi, B., Rustad, T. (2015). Novel utilization of milk-based ingredients in salt reduced fish pudding. *LWT - Food Sci Techn*, 63(1), 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.073>
- Gullon, P., Astray, G., Gullón, B., Franco, D., Campagnol, P. C. B., Lorenzo, J. M. (2020). Inclusion of seaweeds as healthy approach to formulate new low-salt meat products. *Current Opinion in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.05.005>
- Guo, X., Tao, S., Pan, J., Lin, X., Ji, C., Liang, H., Li, S. (2020). Effects of L-Lysine on the physiochemical properties and sensory characteristics of salt-reduced reconstructed ham. *Meat Sci*, 166 (April). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108133>
- He, F. J., Macgregor, G. A. (2012). Salt intake, plasma sodium, and worldwide salt reduction. *Annals of Medicine*, 44(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.3109/07853890.2012.660495>
- Henney, J. E., Taylor, C. L., Boon, C. S. (2010). Strategies to reduce sodium intake in the United States. In *Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States*. <https://doi.org/10.17226/12818>
- Henry-Unaeze, H. N. (2017). Update on food safety of monosodium L-glutamate (MSG). *Pathophysiology*, 24(4), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2017.08.001>
- 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(12), 103. <https://doi.org/10.3390/foods6120103>
- 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 in Food Sci Techn*, 59, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.016>
- Kabil E., Hazar F. Y., Kaban G., Kaya M. (2020). Farklı Tuz Oranları Kullanılarak Üretilen Pastırma Çeşitlerinin Yağ Asidi Kompozisyonu, IV. Et Ürünleri Çalıştayı, Aydın, Türkiye, 6 - 08 Ekim 2020, ss.84
- Kameník, J., Saláková, A., Vyskočilová, V., Pechová, A., Haruštiaková, D. (2017). Salt, sodium chloride or sodium? Content and relationship with chemical, instrumental and sensory attributes in cooked meat products. *Meat Sci*, 131(May), 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.010>
- Kaur, R., Sharma, M. (2019). Cereal polysaccharides as sources of functional ingredient for reformulation of meat products: A review. *J Funct Foods*, 62 (August), 103527. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103527>
- Kilcast, D., Ridder, C. (2007). Sensory issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods: Practical Strategies*. <https://doi.org/10.1533/9781845693046.2.201>
- Kim, Y. H., Keeton, J. T., Smith, S. B., Maxim, J. E., Yang, H. S., Savell, J. W. (2019). Evaluation of antioxidant capacity and colour stability of calcium lactate enhancement on fresh beef under highly oxidising conditions. *Food Chem*, 115(1), 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.008>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2015.03.001>
- Li, S., Li, L., Zhu, X., Ning, C., Cai, K., Zhou, C. (2019). Conformational and charge changes induced by L-Arginine and L-lysine increase the solubility of chicken myosin. *Food Hydrocolloids*,

- 89(2018), 330–336. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.059>
- Luta, X., Hayoz, S., Krause, C. G., Sommerhalder, K., Roos, E., Strazzullo, P. (2018). Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases The relationship of health / food literacy and salt awareness to daily sodium and potassium intake among a workplace population in Switzerland. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 28(3), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2017.10.028>
- Mariutti, L. R. B., Bragagnolo, N. (2017). Influence of salt on lipidoxidation in meat and sea food products: A review. *Food Res Int*, 94, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.003>
- Mitchell, H. L. (2019). In Reducing Salt in Foods (Second Edition). Alternative ingredients to sodium chloride <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100890-4.00005-6>
- Mora-Gallego, H., Guàrdia, M. D., Serra, X., Gou, P., Arnau, J. (2016). Sensory characterisation and consumer acceptability of potassium chloride and sunflower oil addition in small-caliber non-acid fermented sausages with a reduced content of sodium chloride and fat. *Meat Science*, 112, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.008>
- Omana, D. A., Plastow, G., Betti, M. (2011). The use of β -glucan as a partial salt replacer in high pressure processed chicken breast meat. *Food Chemistry*, 129(3), 768–776. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.018>
- Parniakov, O., Mikhrovskaya, M., Toepfl, S., Roselló-Soto, E., Pinto, C. A., Saraiva, J. A., Barba, F. J. (2020). Current and future strategies to reduce salt consumption. In *Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817226-1.00006-0>
- Pandian, J. D., Gall, S. L., Kate, M. P., Silva, G. S., Akinyemi, R. O., Ovbiagele, B. I., Thrift, A. G. (2018). Prevention of stroke: a global perspective. *The Lancet*, 392(10154), 1269–1278. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31269-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31269-8)
- Pandya, J. K., Decker, K. E., Goulette, T., Kinchla, A. J. (2020). Sodium reduction in Turkey breast meat by using sodium anion species. *Lwt-Food Sci Techn*, 124(2019), 109110. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109110>
- Petit, G., Jury, V., Lamballerie, M., Duranton, F., Pottier, L., Martin, J. L. (2019). Salt Intake from Processed Meat Products: Benefits, Risks and Evolving Practices. *Comprehensive Reviews in Food Sci Food Safety*, 18(5), 1453–1473. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12478>
- Pinna, A., Saccani, G., Schivazappa, C., Simoncini, N., Virgili, R. (2020). Revision of the cold processing phases to obtain a targeted salt reduction in typical Italian dry-cured ham. *Meat Sci*, 161, 107994. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107994>
- Powles, J., Fahimi, S., Micha, R., Khatibzadeh, S., Shi, P., Ezzati, M., Mozaffarian, D. (2013). Global, regional and national sodium intakes in 1990 and 2010: A systematic analysis of 24 h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide. *BMJ Open*, 3(12). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003733>
- Pretorius, B., Schönfeldt, H. C. (2018). The contribution of processed pork meat products to total salt intake in the diet. *Food Chem*, 238, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.078>
- Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., Citti de Petricone, R., Frágenas, N. N., Zambrano-Durán, A., Urbina, G. (2019). New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. *Lwt-Food Sci Techn*, 108(2018), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.057>
- Resende, J., Silva, G., Paula, A., Pires, D. S., Oliveira, D. C. De, Riani, V., Condoncelli, L. (2020). *Acta Scientiarum Technological and sensory analysis of beef burger replacing NaCl with KCl and flavor enhancer*. 1–8. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v42i1.45632>
- Ruusunen, M., Niemistö, M., Puolanne, E. (2002). Sodium reduction in cooked meat products by using commercial potassium phosphate mixtures.

- Agr Food Sci in Finland*, 11(3), 199–207. <https://doi.org/10.23986/afsci.5725>
- Ruusunen, M., Vainionpa, J., Niemisto, M. (2003). *Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages*. 64, 371–381. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00178-X)
- Omana, D. A., Plastow, G., Betti, M. (2011). The use of β -glucan as a partial salt replacer in high pressure processed chicken breast meat. *Food Chem*, 129(3), 768–776. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.018>
- Öztürk, İ., Garipağaoğlu, M. (2018). Salt Consumption and Health: Review. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 3(1), 57–65. <https://doi.org/10.5336/healthsci.2017-55160>
- Sağlık Bakanlığı, 2016. Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Obezite, Diyabet ve Metabolik Hastalıklar Daire Başkanlığı. [The world's taking action to reduce excessive salt/sodium intake]. Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2017-2021. 2. Baskı. Ankara: Sağlık Bakanlığı Yayınları; p.61.
- Sağlık Bakanlığı, 2019. Gıda ve içecek sektörü için protokol uygulama ve tuz azaltma rehberi <https://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2020/02/Tuz-Azaltma-Rehberi.pdf> (Erişim:16.06.2020)
- Stanley, R. E., Bower, C. G., Sullivan, G. A. (2017). Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties. *Meat Sci*, 133(5), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.021>
- Şimsek, D. (2016). Sucuk üretiminde farklı klorür tuzlarının kullanım imkanları. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Taladrid, D., Laguna, L., Bartolomé, B., Moreno-Arribas, M. V. (2020). Plant-derived seasonings as sodium salt replacers in food. *Trends in Food Sci Techn* 99(2019), 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.002>
- 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. *Innovative Food Sci Emerging Techn*, 36, 294–302. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.010>
- Tarte, R. (Ed.). (2009). Ingredients in Meat Products. Joseph G. S. Basic Curing Ingredients, 6-7. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-71327-4>
- Taylor, C., Doyle, M., Webb, D. (2018). “The safety of sodium reduction in the food supply: A cross-discipline balancing act” Workshop proceedings. *Critical Reviews in Food Sci Nutr*, 58(10),1650–1659. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1276431>
- 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 and Function*, 10(9), 5269–5281. <https://doi.org/10.1039/c8fo02006j>
- Trieu, K.,McMahon, E., Santos, J. A., Webster, J. (2017). Review of behaviour change interventions to reduce population salt intake. *J Nutr Intermediary Metabolism*, 8, 118. <https://doi.org/10.1016/j.jnim.2017.04.218>
- Triki, M., Khemakhem, I., Trigui, I., Salah, R. Ben, Jaballi, S., Ruiz-capillas, C.,Besbes, S. (2017). Free-sodium salts mixture and AlgySalt® use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population. *Meat Sci*, 133(July), 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.005>
- USDA (2018). Nutrient Data Laboratory Home Page. United States Department of Agriculture. <https://fdc.nal.usda.gov/> (Erişim Tarihi: 10.06.2020).
- Vidal, V. A. S., Bernardinelli, O. D., Paglarini, C. S., Sabadini, E., Pollonio, M. A. R. (2019). Understanding the effect of different chloride salts on the water behavior in the salted meat matrix along 180 days of shelf life. *Food Res Int*, 125(8), 108634. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108634>

- Vidal, V. A. S., Paglarini, C. S., Freitas, M. Q., Coimbra, L. O., Esmerino, E. A., Pollonio, M. A. R., Cruz, A. G. (2020). Q Methodology: An interesting strategy for concept profile and sensory description of low sodium salted meat. *Meat Sci*, 161, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108000>
- Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Sci*, 86(1), 196–213. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.008>
- Wen, R., Hu, Y., Zhang, L., Wang, Y., Chen, Q., Kong, B. (2019). Effect of NaCl substitutes on lipid and protein oxidation and flavor development of Harbin dry sausage. *Meat Sci*, 156(February), 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.011>
- World Health Organization WHO. (2012). Guideline: Sodium intake for adults and children., Geneva, Switzerland 1–56. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241504836> (Erişim Tarihi:04.05.2020)
- World Health Organization WHO. (2020). Salt reduction <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction> (Erişim Tarihi:31.05.2020)
- Yılmaz Oral Z. F. , Kaban G. (2021). Salt (NaCl) reduction in sucuk, heat-treated sucuk and pastırma. International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies, Balıkesir, Türkiye, 22 Şubat - 25 Nisan 2021, ss.1-9
- Zheng, J., Han, Y., Ge, G., Zhao, M., Sun, W. (2019). Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 96 (December 2018), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.003>



EFFECTS OF HIBISCUS (*Hibiscus sabdariffa L.*) AND POPPY (*Papaver rhoeas L.*) EXTRACTS ON DOUGH AND BREAD PROPERTIES

İlyas Çelik¹, Ali Göncü^{2*}

¹ Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Denizli, Turkey.

² Aydın Adnan Menderes University, Çine Vocational School, Department of Food Processing, Aydın, Turkey.

Received/ Geliş: 20.04.2021; Accepted/ Kabul: 14.09.2021; Published online/ Online baskı: 22.09.2021

Çelik, İ., Göncü, A. (2021). Effects of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa L.*) and poppy (*Papaver rhoeas L.*) extracts on dough and bread properties the usage of hibiscus and poppy in bread. GIDA 46 (5) 1270-1278 doi: 10.15237/gida.GD21075

Çelik, İ., Göncü, A. (2021). Hibiskus (*Hibiscus sabdariffa L.*) ve gelincik (*Papaver rhoeas L.*) ekstraktlarının ekmekek hamuru ve ekmekek özellikleri üzerine etkileri. GIDA 46 (5) 1270-1278 doi: 10.15237/gida.GD21075

ABSTRACT

In this study, it was aimed to examine and compare the effects of Hibiscus (*Hibiscus sabdariffa L.*) and poppy (*Papaver rhoeas L.*) extracts on some chemical, physical, microbiological and sensory properties of bread dough and bread. The pH, *L*, *b*, chroma, hue values of the dough decreased by usage of hibiscus extract, while the *a* value was increasing. It was determined as the lowest pH was 4.13; *L* 39.23; *b* 5.08; chroma was 6.55, hue angle was 54.65 and the highest *a* value was 7.20. Counts of total mesophilic aerobic bacteria and yeast/mold were found lower in dough with hibiscus extract. Hibiscus extract application gave the lowest specific volume value (2.15 mL/g). In terms of hardness, gumminess and chewiness, the highest values were obtained in hibiscus bread as 24.96 N, 16.13 N and 147.86 mj, respectively. Sensory properties scored of the breads were lower than the control bread.

Keywords: Hibiscus, poppy, dough, bread, texture.

HİBİSKUS (*Hibiscus sabdariffa L.*) VE GELİNCİK (*Papaver rhoeas L.*) EKSTRAKTLARININ EKMEK HAMURU VE EKMEK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu araştırma ile Hibiskus (*Hibiscus sabdariffa L.*) ve Gelincik (*Papaver rhoeas L.*) ekstraktlarının ekmekek hamuru ve ekmeğin bazı kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, hibiskus ekstraktı hamurların pH, *L*, *b*, kroma, hue açısı değerlerini düşürücü; *a* değerini ise artırıcı etkide bulunmuştur. En düşük pH 4.13; *L* 39.23; *b* 5.08; kroma 6.55 ve hue açısı 54.65 olarak, en yüksek *a* değeri ise 7.20 olarak belirlenmiştir. Hibiskus ekstraktlı hamurlarda toplam mezofilik aerobik bakteri ile maya ve küf sayısı düşük bulunmuştur. En düşük değerler sırasıyla, 7.09 ve 6.16 log kob/g olarak belirlenmiştir. Ekmeklerde en düşük spesifik hacim değerini (2.15 mL/g) hibiskus ekstraktı uygulaması vermiştir. Tekstürel özelliklerden sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde hibiskus ekmeğinden diğer ekmeklere göre istatistiksel açıdan farklı sonuçlar alınmıştır. En yüksek değerler sırasıyla, 24.96 N, 16.13 N ve 147.86 mj olarak elde edilmiştir. Ekstraktlı ekmeklerin duyuşsal skorları kontrol ekmeklerine göre daha düşük belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Hibiskus, gelincik, hamur, ekmekek, tekstür.

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: ali.goncu@adu.edu.tr

☎: (+90) 256 711 7051

☎: (+90) 256 711 7054

İlyas Çelik; ORCID no: 0000-0002-8434-8797

Ali Göncü; ORCID no: 0000-0002-9676-1503

INTRODUCTION

Hibiscus is a plant species that has more than 300 species in tropical and subtropical regions around the world. Hibiscus species is used as an ornamental plants, but it is believed that *Hibiscus sabdariffa* has also some medicinal properties (Qi et al., 2005). It is known by many names such as "Florida hibiscus", "Florida cranberry", "Roselle" and "Indian sorrel" in USA; "Asam silent", "Asama paya" and "Asam kumbang" in Malaysia; "Sorrel" or "Jamaican sorrel" in the Caribbean; "Karkade" or "Carcade" in Sudan and Egypt; "bisap" in Senegal and "Zobo" in Nigeria (Omemu et al., 2005; Mounigan and Badrie, 2007; Mohamed et al., 2012). In Turkey, "Okra flower" and "Mallow flower" known as hibiscus contain high vitamin C and anthocyanins. Nutritionists reported that Ca, K, Mg, Na, Fe, niacin and riboflavin are high in hibiscus (Islam et al., 2016).

Hibiscus is an underused product that has quite good potential for medical and everyday usage. Tea prepared with hibiscus has health benefits and it is rich with organic ingredients. It is a decaf herbal tea. Especially, tea is made from dried leaf. Hibiscus tea is a sweetened herbal tea and popular in Africa. The production of a soft drink from red hibiscus is very popular. It can be a suitable option for soft drinks industrially (Fellows and Axtell, 2014).

Hibiscus sabdariffa and *Hibiscus rosasinensis* are cardioprotective (hypcholesterolemic). Antioxidative and laptoprotective effects have been observed in animals (Olaleye, 2007). *H.sabdariffa* has been reported to be an antiseptic, aphrodisiac, digestive regulator and diuretic. It is also a folk remedy for abscess, biliary disease, cancer, cough, scurvy and cancer (Morton, 1987; Heyman, 2000). It is suggested that antibacterial effects of these plant extracts against *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *S. aureus* have a significant therapeutic effect in the treatment of gastrointestinal infection and diarrhea in human skin diseases (Rogger et al., 1990).

Malva aegyptiaca L. plant, which belongs to the same family as hibiscus, is also frequently consumed in North Africa. It is also used in the treatment of dysentery and fevers. The leaves of

this plant have also been tried in breads and successful results have been obtained (Fakhfakh et al., 2017).

Poppy, which is referred to as "Pavot Rouge" in French, "Gelincik" in Turkish, "Amapola" in Spanish and "Khash Khash" in Hindi are annual and red flowering plants that usually grow in crop fields and meadows. The syrup of the poppy flower is known as a sedative agent factor in some medicines in the field of medicine. It is used as a softener in diseases such as cough and cold. Chemical studies show that *Papaver rhoeas* extract persists rhoeadin, rhoeadic acid, papaveric acid, rhoeagenine, and anthocyanins as major compounds. 100g dried poppy contains 15.33% ash and 22.75% protein (Pourmotabbede et al., 2004; Kaya et al., 2004). Poppy is used both as a grain and as ground in many breads, breakfast snacks and cake, especially in North America (Lopez-Calleja et al., 2016). However, poppy sherbet is made from red leaves. Poppy syrup and jam are produced in Bozcaada, Turkey.

In this study, it is aimed to reveal the microbiological and physical effects of hibiscus and poppy extracts on dough and bread properties.

MATERIALS AND METHODS

Materials

The poppies grown naturally in Denizli plateaus in spring were collected and their sepals were cut and dried under room conditions. Hibiscus which originated Sudan was obtained from the local market. Bread flour (İnceoğlu Flour Co.), drinking water, salt (Billur Salt Co.) and yeast (Pakmaya Yeast Co.) were used in bread making.

Methods

Preparation of extracts

250 g of dry poppy and hibiscus were boiled in 1000 mL water for 20 minutes, then cooled down and filtered, to preparation of the extracts. The obtained extracts were stored in refrigerator conditions (4 °C) until use.

Bread making procedure

Direct dough method (Elgün et al., 2012) was used with some modifications the production of Roll Bread. On the basis of flour (100 g), 57% water, 2% fresh yeast and 1.5% salt were used in the control bread. In the production of other breads, instead of water, the obtained plant extracts water were used. The dough was obtained by kneading all the ingredients in a laboratory mixer (Kenwood) for 10 minutes. The remaining part, which was separated from the dough for

analysis, was divided into 100 g doughs. The rounded doughs were first left to mass fermentation (30 °C, 85% moisture) for 30 minutes. After the mass fermentation, degassed doughs were left to the final fermentation (30 °C, 90% humidity) for 30 minutes by rolling process suitable for roll bread production. The doughs were baked at 220 °C in a convection oven (ASL, Turkey) for 12 minutes and roll breads were obtained. In Figure 1, sample images of breads were indicated.



Figure 1. Cross-sectional views of roll breads.

Physicochemical analyzes

The pH value of the extract and dough was measured by pH-meter (Hanna HI 8314) (Halkman, 2005). Hunter Lab color measurement device (Hunter Associates Laboratory, Model: MiniScan XE, USA) was used to determine the color properties of extract, dough and bread. Color measurements were made from 3 different points and evaluated by taking the average of the obtained values (Anonymous, 1995). "L" value indicated brightness, "+a" value indicated redness, and "+b" value indicates yellowness. Hunter L, a and b values obtained as a result of color measurements were not the color phenomena perceived directly by the buyer and seller in the market, so the "Hue Angle", which was the color tone angle (red-purple colors were at 0°-270° angle, color criteria such as yellow color at an angle of 60°, blue and green colors in the angle range of 240°-120°) and "Chroma" value (indicate the saturation of the color, while the chroma value was decreasing in the dull colors, the chroma value increased in the vivid colors) respectively. It was calculated with by the help of equation 1 and 2;

$$\text{Equation 1. Hue Angle} = \tan^{-1}(b/a)$$

$$\text{Equation 2. Chroma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

The dry matter in samples according to the method AACC 44-01.01 were determined (AACC, 1999). The volume of the breads was determined after one hour the end of baking using Equation 3 below.

$$\text{Equation 3. Specific volume (mL/g)} = \text{Volume (mL)} / \text{Bread (g)}$$

After weighing, the volume of the sample was measured by the rapeseed displacement method (Elgün et al., 2012).

Textural analysis

Texture profile analysis (TPA) of bread was performed using Brookfield CT3 4500 (England) texture analyzer and a 38.1 mm cylinder probe. After the roll breads were cut in the middle and made into 2 cm slices, reading was performed from by the inner surface. The device used by a speed of 1 mm/sec, a depth of 15 mm of

immersion and an initial detection force of 4500 g. Hardness (N), resilience, adhesiveness (mj), springiness (mm), gumminess (N) and chewiness (mj) properties of breads were determined.

Microbiological analyzes

For the counting of total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) and yeast/mold (YM) of the doughs, 10^{-5} , 10^{-6} and 10^{-7} concentrations of dilutions were planted according to the spreading method respectively counting of TMAB and YM on PCA and DRBC media. TMAB count media were left to incubate (Nuve EN500) at 28 °C for 3 days and for YM at 28 °C for 5 days (Landsborough, 2003).

Sensory analysis

In the sensory analysis of breads, 25 panelists were evaluated with a hedonic scale, with scores from 1 (Extremely Poor) to 7 (Excellent) in terms of color, smell, pore, texture, flavor and overall acceptability (Onoğur and Elmacı, 2011).

Statistical analysis

Statistical analysis were performed by the usage of analysis of variance with IBM SPSS Statistics 22 software. The differences between the averages were revealed by Duncan test (Arbuckle, 2020).

RESULT AND DISCUSSION

Physicochemical properties

The pH and color values of water, hibiscus and poppy extracts used in roll bread production were

given in Table 1. Hibiscus extract showed acidic character, while poppy extract showed a neutral state. Organic acids which caused hibiscus to be acidic were malic acid (0.29 %), succinic acid (0.08 %), fumaric acid (0.06 %), acetic acid (0.06 %) and oxalic acid (1.15 %). With the effect of these acids, the pH value of hibiscus was stated as 2.5 (Hayashi and Seguchi, 1998). This was lower than the pH of the obtained hibiscus extract we obtained. The pH values of water and poppy extract were found to be statistically insignificant ($p > 0.05$). Kaya et al. (2004) reported the pH of the dried poppy as 5.87. It was understood that poppy extract was less acidic than hibiscus extract. Due to the penetration of the color pigments in the dried leaves into the water, hibiscus extract darkened the *L* value by lowering, shifted the *a* value from the green color region to the red color region and decreased the *b* value more in hibiscus extract. There was also a decrease in the chroma value. However, the decrease was more in poppy extract. In terms of hue, poppy and hibiscus extracts had higher values than water had. Hayashi and Seguchi (1998) stated that hibiscus gave intense redness and so, when the hibiscus substitution increased, the redness values of the bread colors also increased. It is seen that the redness (*a*) value of the bread contained hibiscus extract was higher than the others. This result was seen in both bread dough color (Table 2) and crumb color (Table 5).

Table 1. pH and color values of water, hibiscus and poppy extracts.

Samples	pH	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	Chroma	Hue angle
Water	6.91±0.04a	30.94±4.10a	-1.31±0.16b	0.71±0.69a	1.57±0.16a	-26.99±5.80b
Poppy extract	7.04±0.69a	6.00±0.04b	0.45±0.12a	0.37±0.08b	0.47±0.15b	18.57±5.08ab
Hibiscus extract	2.72±0.06b	5.56±0.48b	0.80±0.30a	0.16±0.08c	0.89±0.31ab	25.29±3.43a

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and ± standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

The pH and color values of the obtained roll bread doughs were also given in Table 2. All the doughs samples showed acidic profile. Doughs which were obtained by using hibiscus extract had

lower pH values. This was because hibiscus extract had a low pH. The pH of bread doughs (Mata-Ramirez et al., 2018) made by substituting the Hibiscus powder 3-6-9% increased in direct

proportion to the substitution rate. While the dough pH of the control bread dough was 5.76, it decreased to 3.50 in those using 9% hibiscus powder. In the present study, the pH of the control dough was found to be 5.32, while the pH of the hibiscus extract was 4.13. Considering the color values of the dough, the highest *L* value was measured in control dough and the lowest was measured in hibiscus dough. The *a* value was determined highest in hibiscus dough and lowest in the control dough. The *b* value was also

measured in the highest in control extract and the lowest in hibiscus extract as in the *L* value. According to these results, while the lightest color and the highest yellowness value was in the control dough, it was the hibiscus dough with the darkest color and the least yellowness value. The highest redness value was determined in hibiscus dough, while the lowest was measured in control extract. Chroma and Hue angle values were found the highest in control extract, while the lowest were found in hibiscus extract.

Table 2. pH and color values of bread dough.

Samples	pH	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	Chroma	Hue angle
Control dough	5.32±0.13a	59.30±0.93a	0.33±0.29c	14.17±1.12a	14.96±0.03a	87.95±0.2 a
Poppy dough	5.22±0.09a	50.03 ±2.31ab	2.29±1.42b	8.03±0.41b	7.84±0.02b	80.53±0.17b
Hibiscus dough	4.13±0.27b	39.23±6.29b	7.20±4.80a	5.08±0.37c	6.55±0.02c	54.65±0.25c

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and ± standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

Dry matter and specific volume values of breads were given in Table 3. According to the results, there was no statistically significant difference in terms of dry matter ($P > 0.05$). In terms of specific

volume, it was determined that hibiscus breads had lower value, control and poppy breads had higher values and were statistically the same.

Table 3. Dry matter and specific volume values of breads

Samples	Dry Matter (%)	Specific Volume (mL/g)
Control bread	60.35±0.83a	3.48±0.55a
Poppy bread	59.18±0.44a	3.46±0.64a
Hibiscus bread	58.85±0.77a	2.15±0.40b

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and ± standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

According to the farinograph results of the dough produced by substituting the hibiscus flour with wheat flour at 1% and 5% ratios, it showed that the acids in hibiscus had some effect on the kneading behavior of the wheat flour dough. It was stated that the consistency of the dough decreases especially with acidity (Hayashi and Seguchi, 1998). The reason why the specific volume was lower in hibiscus bread is the weakening of gluten bonds and the decrease in gas holding capacity due to the decrease in dough pH. In addition, hibiscus seeds contain high levels of dietary fiber (soluble: 11.2-12.1%; insoluble: 28.3-30.5% and total dietary fiber: 39.5-42.6%) (Hainida et al., 2008) likewise so this caused the

weakening of the gluten bonds and reduced gas holding capacity, resulting in a lower specific volume. Hayashi and Seguchi (1998) produced breads by replacing hibiscus flour with wheat flour in various proportions up to 10% and measured their specific volumes. They reported that the specific volume (cm^3/g) decreased as the rate of substitution increased (except 10% substitution). While the specific volume of the control bread was 3.68, it was reported that it decreased to 1.64. Besides, it was stated that the pH value dropped from 5.42 to 3.35. In the same study, when the pH was kept at the level of the control bread, the specific volume values of the breads increased a lot, and even more volume was

obtained in those with 1-2-3% substitution than the control breads. In a study conducted by Abdulla and Abdel-Samie (2015), it was reported that the specific volume (g/cm^3) decreased (from 2.83 to 2.47) while the substitution ratio was increasing, similarly, in the basing it happened mainly where the hibiscus seed flour is replaced at 5-10-15% . In addition, as the substitution rate increased, it was determined that the water holding capacity (%) and dough stability (minute) decreased and the dough development time (minute) increased according to the Mixolab results. In a similar study (Mata-Ramirez et al., 2018), breads were produced with 3-6-9% hibiscus powder substitution, and as a result of the study, it was found that dough height, bread height, oven splash and bread volume decreased and water holding capacity decreased due to the

increase in the substitution ratio. It was stated that kneading time and bread weight increased.

The crust color values of bread samples can be seen in Table 4. There was no difference ($p>0.05$) between breads in terms of the lightness-darkness (L) values of the crust colors. However, while the lowest value in a and b values was measured in hibiscus breads, the highest values were observed in control and poppy breads. Like with in the L value, there was no difference between the samples in chroma and Hue angle values. Although the brightness was in the highest in control bread according to the chroma value, there was no statistically significant difference ($p>0.05$) between breads. Likewise As the same, although the highest value in Hue angle was in hibiscus bread, no statistically significant difference ($p>0.05$) was found.

Table 4. Crust color values of breads

Samples	L	a	b	Chroma	Hue angle
Control bread	37.15±2.82a	10.16±2.23a	14.06±0.07a	60.45±0.79a	88.45±0.12a
Poppy bread	39.94±3.41a	9.77±0.02ab	14.61±1.23a	59.29±0.41a	88.56±0.13a
Hibiscus bread	42.80±0.75a	5.37±1.265b	9.62±2.72b	58.89±0.06a	88.66±0.03a

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and \pm standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

Crumb color values of breads were given in Table 5. It was seen that while the L , b , chroma and hue angle values of the control breads were determined as the highest, they also had the lowest b value. In terms of crumb color, the ones with the darkest (L) color and the highest redness value (a) were the hibiscus breads. Breads with the highest yellowness value (b) were the control breads. Poppy breads and hibiscus breads were similar in terms of a , b , chroma and hue angle values. Mata-Ramirez et al. (2018) also reported the color values of hibiscus powder substituted breads (0-3-6-9%) in direct proportion to the

substitution rate as follows: L : 50,58 - 24.39, a : 9.70 - 6.12, b : 30.28 - 15.15, chroma: 31.80 - 16.34 and hue angle: 72.22 - 68.00. When the results were compared with the crumb color values of the hibiscus bread, in both studies, it was seen that the L value decreased, the a value increased and the b value decreased compared to the control. While the obtained L and hue angle values were found to be higher among the values rates in the studies, a , b and chroma values were lower. The main reason for these differences is that hibiscus powder was used in the studies instead of hibiscus extract in studies.

Table 5. Crumb color values of breads

Samples	L	a	b	Chroma	Hue angle
Control bread	56.03±0.86a	0.14±0.02b	12.61±0.03a	12.61±0,04a	89.36±0.06a
Poppy bread	44.83±1.20b	1.64±0.47ab	7.85±0.84b	8.03±0.72b	77.98±4.53ab
Hibiscus bread	35.40±2.89c	4.65±1.66a	6.29±1.06b	7.95±0.13b	53.66±14.32b

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and \pm standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

Textural properties

The results of the TPA values of the breads were given in Table 6. According to the results, there was no difference between breads in spring, adhesiveness and springiness values. However, hibiscus breads had higher values in terms of hardness, gumminess and chewiness. The reason for this was that the textural properties of hibiscus breads were negatively affected due to the decrease in specific volume values (Table 3). There was no difference in any parameter in terms of textural properties in control and poppy breads. Abdulla and Abdel-Samie (2015) reported

in their study that the hardness, adhesiveness, chewiness and flexibility values increased as the substitution rate increased in the basmages where hibiscus seed flour was substituted at the rate of 5-10-15%. Likewise, Mata-Ramirez et al. (2018) also reported that the adhesiveness, hardness and chewiness characteristics of hibiscus powder-substituted breads (3-6-9%) increased in direct proportion with the increase in the rate of substitution. Hardness, gumminess and chewiness values were determined more than the control in the breads we obtained.

Table 6. TPA values of breads.

Samples	Hardness (N)	Resilience	Adhesiveness(mj)	Springiness(mm)	Gumminess (N)	Chewiness (mj)
Control bread	5.45±0.02 b	0.55±0.04a	0.81±0.07a	9.26±0.42a	4.56±0.60b	42.43±7.60b
Poppy bread	4.89±1.88b	0.55±0.06a	0.80±0.06a	9.02±0.18a	3.88±1.18b	35.07±11.41b
Hibiscus bread	24.96±4.39a	0.41±0.01a	0.67±0.01a	9.27±0.13a	16.13±1.84a	147.86±18.40a

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and \pm standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

Microbiological properties

The microbiological results of the roll bread doughs produced were given in Table 7. TMAB and YM counts were performed as microbiological analysis. According to the obtained results obtained, the highest TMAB and YM count was found in control dough and the

lowest in hibiscus dough. This case was related to the pH degrees of the doughs. Microbial growth was more limited with high acidity in hibiscus dough with the lowest pH. Since the pH was high in the control dough, microbial growth was higher due to the same reason.

Table 7. Microbiological results of bread dough (log cfu/g).

Samples	TMAB	YM
Control dough	7.40±0.06a	7.34±0,09a
Poppy dough	7.27±0.09ab	7.18 ±0.06a
Hibiscus dough	7.09±0.02b	6.16 ± 0.07b

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and \pm standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

Sensory properties

The sensory analysis results of the breads were given in Table 8. When the breads were examined in terms of their sensory properties, no difference was observed between them each other in terms of smell. Control bread got the highest scores in terms of color, pores, texture and taste. Hibiscus bread got the lowest scores in terms of texture. The lowest specific volume (Table 4) and TPA

(Table 7) results also supported this. According to the general taste scores, the most popular breads were control and hibiscus breads. Both breads scored good and above good, while the poppy bread scored above the average. According to the sensory analysis results, although even dough hibiscus breads scored higher than poppy breads, both hibiscus and poppy breads were appreciated.

Table 8. Sensory analysis values of breads.

Samples	Color	Smell	Pore	Texture	Flavor	Overall acceptability
Control bread	6.05±0.28 a	5.69±0.27a	6.20±0.28a	5.80±0.14a	6.25±0.07a	5.95±0.21a
Poppy bread	5.46±0.09 ab	5.31±0.02a	5.50±0.14b	5.25±0.21b	5.25±0.06c	4.85±0.21b
Hibiscus bread	5.20± 0.28b	5.43±0.02a	5.25±0.07b	4.70±0.14c	5.65±0.07b	5.60±0.14a

Each value is given as the mean of recurrence and parallel results and \pm standard deviation.

Values shown with different letters in the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

In the studies of Abdulla and Abdel-Samie (2015), it was stated that as the substitution rate increased in the basmaes where hibiscus seed flour was substituted by 5-10-15%, it got less points from the sensory characteristics in terms of flavor, bread crust color, bread crumb color, uniformity, taste and overall acceptability. Mata-Ramirez et al. (2018) examined the odor, texture, flavor, color and total acceptability characteristics of hibiscus powder-substituted breads (3-6-9%). According to the results, he got the highest scores in from the best odor, color and total acceptability in control breads. In terms of texture and flavor, it was observed that breads with 3% substitution ratio got the highest scores.

CONCLUSIONS

In the research, production of hibiscus and poppy breads was carried out and some of their properties were investigated. According to overall acceptability sensory property, more positive result were obtained from hibiscus roll bread than poppy bread. According to the structural properties, poppy breads were observed to be better. For instance, hibiscus breads were found to be firmer (hardness) than poppy breads. In addition, poppy breads was determined the same specific volume value as the control bread, while hibiscus was determined lower. In order to eliminate these structural problems seen in hibiscus breads, the pH of hibiscus extract must be adjusted to neutral by using components such as carbonate. In this case and if it is adjusted, it can say that the structural negativities will disappear and the bitter taste, which is unique to the poppy, is welcomed by the panalists.

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest between the authors and with other persons and / or institutions related to this article.

AUTHORSHIP CONTRIBUTION

İlyas Çelik and Ali Göncü contributed equally to the entire study.

REFERENCES

- AACC. (1999). Approved Methods of Analysis. 11th ed. Method 44-01.01. Moisture - Calculation of Percent Moisture.
- Abdulla, G. and Abdel-Samie, M. A. S. (2015). Effect of Roselle Seeds Flour Addition on the Quality Characteristics of Pan Bread. *J. Dairy Sci.*, 6(11), 625-636.
- Anonymous, (1995). "The Manual of Hunter-Lab Mini Scan XE Colorimeter", Virginia: HunterLab Cooperation, U.S.A.
- Arbuckle, J.L. (2020). IBM SPSS statistics 22 For Windows. User's Guide. ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/amos/22.0/en/Manuals/IBM_SPSS_Amos_User_Guide.pdf (Accessed: 10.06.2020).
- Elgün, A, Certel, M, Ertugay, Z, Kotancılar, H. G. (2012). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:335, 245 s (In Turkish).
- Fakhfakh, N., Jdir, H., Jridi, M., Rateb, M., Belbahri, L., Ayadi, M. A., Nasri, M., Zouari, N. (2017). The mallow, *Malva aegyptiaca* L.(Malvaceae): phytochemistry analysis and

- effects on wheat dough performance and bread quality. *LWT - Food Sci Technol*, 75, 656-662.
- Fellows, P.J., Axtell, B. (Eds). (2014). Opportunities in Food Processing: A handbook for setting up and running a smallscale business producing high-value foods. *ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA)*. Wageningen, The Netherlands, pp 454.
- Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. *Başak Matbaacılık*. 358. (In Turkish).
- Hainida, K. E., Amin, I., Normah, H., and Esa, N. M. (2008). Nutritional and amino acid contents of differently treated Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds. *Food chem.*, 111(4), 906-911.
- Hayashi, M., and Seguchi, M. (1998). Iron-Enriched Bread with Karkade (*Hibiscus sabdariffa*) and Wheat Flour. *Cereal chem.*, 75(5), 686-689.
- Heyman, M. (2000). Effect of lactic acid bacteria on diarrheal diseases. *J Am Coll Nutr*, 19: 137S-146S.
- Islam, A, Jamini, T.S, Islam M. and Yeasmin, S. (2016). Roselle: A Functional Food with High Nutritional and Medicinal Values. *Fundam. appl. agric.*, 1(2): 44-49.
- Kaya, İ., İncekara, N. and Nemli, Y., (2004), Ingredients of Some Weeds Consumed As Food in Aegean Region, *J. Agric. Sci.*, 14(1): 1-6.
- Landsborough, L. (2003). Food Microbiology Laboratory (Contemporary Food Science). *CRC Press*. ISBN-13: 978-0849312670.p 196.
- López-Calleja, I. M., de la Cruz, S., González, I., García, T., and Martín, R. (2016). Duplex real-time PCR using TaqMan® for the detection of sunflower (*Helianthus annuus*) and poppy (*Papaver rhoeas*) in commercial food products. *LWT - Food Sci Technol*, 65, 999-1007.
- Mata-Ramírez, D., Serna-Saldívar, S. O., Villela-Castrejón, J., Villaseñor-Durán, M. C., and Buitimea-Cantúa, N. E. (2018). Phytochemical profiles, dietary fiber and baking performance of wheat bread formulations supplemented with Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *J. Food Meas. Charact.*, 12(4), 2657-2665.
- Mohamed, B.B., Sulaiman, A.A., Dahab, A.A. (2012). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan, Cultivation and Their Uses. *Bullet Environ Pharmacol Life Sci*, 1(6): 48 – 54.
- Morton, J.F. (1987). Roselle. In: fruits of warm climate, (CF Dowling (ed)). *Media, Inc. Greensboro, NCP*. pp. 281 – 286.
- Mounigan, P. and Badrie, N. (2007). Physicochemical and Sensory Quality of Wines from Red Sorrel/Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L) Calyces: Effects of Pretreatments of Pectolase and Temperature/Time, *Int. J. Food Sci.*, 42, 469-475.
- Olaleye, M. T. (2007). Cytotoxicity and antibacterial activity of Methanolic extract of *Hibiscus sabdariffa*. *Res. J. Med. Plant.*, 1(1): 009-013.
- Omemu, A.M., Edema, M.O., Atayese, A.O. and Obadina, A.O. (2005). A survey of the Microflora of *Hibiscus Sabdariffa* (Roselle) and the resulting Zobo Juice, *Afr. J. Biotechnol.*, 5 (3), 254-259.
- Onoğur, A.T, Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornava-İZMİR, Yayın no: 010-1B, ISBN:978-9944-5660-8-7. 66 s. (In Turkish).
- Pourmotabbeda, A., Rostamiana, B., Manouchehria, G., Pirzadeh-Jahromib, G., Sahraeib, H., Ghoshoonib, H., Zardoozc, H. and Kamalnegad, M. (2004). Effects of *Papaver rhoeas* extract on the expression and development of morphine-dependence in mice. *J. Ethnopharmacol.*, 95:431–435.
- Rogger, Y.S., John, L.I., Mark, L.W. (1990). General Microbiology. 5th ed. *Macmillan education Ltd*, London, pp. 626-642.
- Qi, Y., Chin, K.L., Malekian, F., Berhane, M., and Gager, J. (2005). Biological Characteristics, Nutritional and Medicinal Value of Roselle, *Hibiscus Sabdariffa*. *CIRCULAR – Urban Forestry Natural Resources and Environment* No. 604.



KETEN TOHUMU YAĞI VE AYÇİÇEK YAĞINDAN FARKLI VAKSLAR KULLANILARAK OLUŞTURULAN OLEOJELLERİN BİSKÜVİ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Kübra Sultan Özdemir*

Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 31.07.2021; Kabul / Accepted: 06.09.2021; Online baskı / Published online: 22.09.2021

Özdemir, K.S. (2021). Keten tohumu yağı ve ayçiçek yağından farklı vakslar kullanılarak oluşturulan oleojellerin bisküvi kalitesi üzerine etkileri. *GIDA* (2021) 46 (5) 1279-1288 doi: 10.15237/gida.GD21108.

Özdemir, K.S. (2021). Effect of sunflower oil and flaxseed oil based oleogels formed by different waxes on the quality of biscuits. *GIDA* (2021) 46 (5) 1279-1288 doi: 10.15237/gida.GD21108.

ÖZ

Yağlar insan beslenmesinin temel bileşenlerden biri olup, enerji kaynağı olması ve gıda ürününün lezzet ve tekstürünü geliştirmesi, bazı vitamin, biyoaktif bileşen gibi maddeler için taşıyıcı olmasından dolayı oldukça önemlidir. Ancak katı yağların sağlık üzerine muhtemel zararları nedeni ile ikame olarak oleojel kullanımı önerilmektedir. Bu çalışmada, balmumu, kandelila ve karnauba vaks ile keten tohumu yağı ve ayçiçek yağı kullanılarak oleojeller üretilmiş, sonrasında bu oleojeller geleneksel bisküvi kompozisyonunda katı yağ ikamesi olarak kullanılmıştır. Oleojellerin yağ bağlama kapasitesi ile bisküvilerde renk, çap, kalınlık, yayılma oranı gibi fiziksel özellikler ve tekstürel özellikler incelenmiştir. En yüksek yağ bağlama kapasitesi kandelila vaks ile üretilen oleojellerde tespit edilmiştir. Keten yağı oleojellerinin %50 oranında şortening yerine kullanılmasıyla üretilen bisküvilerde sertlik değeri kontrole göre önemli derecede azalırken, %100 ayçiçek yağı oleojeli ile ikame edilen bisküvilerde önemli bir fark gözlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: Oleojel, karnauba vaks, balmumu, kandelila vaks, bisküvi, tekstür

EFFECT OF SUNFLOWER OIL AND FLAXSEED OIL BASED OLEOGELS FORMED BY DIFFERENT WAXES ON THE QUALITY OF BISCUITS

ABSTRACT

Fats are one of the basic components of human nutrition and are very important because they are a source of energy, improve the flavor and texture of the food product, and are carriers for some vitamins and bioactive components. However, the use of oleogels is recommended as a substitute due to the possible health risks of solid fats. In this study, flaxseed and sunflower oil based oleogels were produced with beeswax, candelila and carnauba wax and these oleogels were used as a shortening substitute in traditional biscuit composition. The oil binding capacity of oleogels, color, diameter, thickness, spread ratio and textural properties of biscuits were investigated. The highest oil binding capacity was determined in candelila wax oleogels. While the hardness value of the biscuits produced with flaxseed oil oleogels (50%) decreased significantly compared to the control, no significant difference was observed in the biscuits replaced with 100% sunflower oil oleogels.

Keywords: Oleogel, carnauba wax, beeswax, candelilla wax, biscuit, texture

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: kubrasoz@gmail.com

☎: (+90) 332 223 5447

☎: (+90) 332 223 5490

Kübra Sultan Özdemir; ORCID no: 0000-0002-7428-1840

GİRİŞ

Yağlar, gıda ürününün lezzet ve tekstürünü geliştirmek veya modifiye etmek, hamur ürünlerinin mayalanması, emülsifikasyon, kızartma, pişirme gibi uygulamalarda ısı transferini sağlamak ve yapışmayı önlemek gibi fonksiyonlara sahiptir (Vaclavik ve Christian, 2014). Aynı zamanda, sıvı ve katı yağlar, insan beslenmesinde önemli bir enerji kaynağı olmalarının yanı sıra vitaminler ve biyoaktif bileşenler için çözücü ve taşıyıcı özelliği göstermektedirler (Pehlivanoglu vd., 2018). Bu nedenlerden ötürü yağlar, gıda ürününün hem yapısal-duyusal özellikleri üzerinde hem de besinsel özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Gıda endüstrisi, yağların önemini fark ettikten sonra, daha ucuz yöntemlerle sıvı yağlardan katı yağ üretebilme yollarını araştırmaya yönelmiştir. Bu amaçla farklı yöntemler geliştirilmiş olup, hidrojenizasyon, interesterifikasyon, fraksinasyon metotları yaygın kullanılan metotlardır. Günümüzde, yapılandırılmış katı yağlar yaygın olarak margarin ve sürülebilir kahvaltılık ürünlerde, fırıncılık ürünlerinde ve çikolata ürünlerinde kullanılmaktadır.

Yapılandırılmış katı yağların gıda ürünlerinde kullanılması, beslenme ve sağlık ilişkisi konusunda bilinçli tüketicilerde iki açıdan endişe yaratmaktadır. Bu endişelerden biri, bu tür katı yağların daha yüksek doymuş yağ asidine sahip olmasıdır. Doymuş yağ asitlerinin yüksek miktarda tüketilmesi sonucu, kalp ve damar hastalıkları, obezite ve diyabet riski artmaktadır. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından, günlük diyetle alınması gereken enerjinin yaklaşık %10'unun doymuş yağlardan sağlanması önerilmektedir. Bir diğer endişe ise, bitkisel sıvı yağların katılaştırılması sırasında, interesterifikasyon ile oluşan trans yağ asitleridir. Trans yağ asitlerinin, koroner kalp hastalıkları, kanser ve diyabet gibi kronik rahatsızlıkların ortaya çıkma oranını arttırdığı ve kan lipoproteinleri üzerine zararlı etkilerinin olduğu bilinmektedir (Brouwer vd., 2010; Mozaffarian vd., 2009; Uauy vd., 2009). Bu nedenle, günümüzde araştırmacılar ve gıda endüstrisi uzmanları, bitkisel sıvı yağların katı yağa dönüştürülmesinde sağlık açısından risk

oluşturmayan yeni yollar aramaktadır. Ayrıca gıda ürünlerindeki doymuş yağ ve trans yağ asidi miktarını azaltırken, gıdanın fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerini koruyabilen yöntemler bulmanın oldukça zor olduğu bilinmektedir. (Iqbal vd., 2019). Bu noktada, doymuş yağ asidi içeriğini azaltma hususunda gelecek vadeden yollardan birisi, formülasyonlarda oleojel kullanımındır.

Oleojeller; bitkisel mumlar, monodigliseritler, yağ asitlerinin alkollerini veya esterleri, fosfolipidler ve fitosteroller gibi oleojelatörler kullanılarak sıvı yağın oleojelasyonu ile hazırlanan yapılandırılmış yağlardır (Pérez-Monterroza vd., 2014). Ayrıca oleojeller, üç boyutlu bir jel yapısı içerisinde hapsedilmiş organik likit olarak da tanımlanmaktadır (Öğütü ve Yılmaz, 2015). Son yıllarda, oleojel ile ilgili bulgular ve çalışmalar artmakta olup oleojellerin farklı gıda formülasyonlarında (kek, bisküvi, çikolata, et ürünleri vb.) doymuş yağın azaltılmasına yönelik kullanılabilirliği ile ilgili pek çok çalışma rapor edilmiştir (Park ve Maleky, 2020; da Silva vd., 2019). Literatürdeki çalışmalara göre, son ürün kalite özelliklerini koruyabilmek için oleojellerin kullanım miktarının belirli limitler çerçevesinde olması gerektiği bildirilmiştir. Aynı zamanda, oleojel kullanımının dolgu çikolata gibi ürünlerde yağ taşınımı engelleyebildiği ve böylece çikolatada önemli bir problem olan yağ çiçeklenmesini önleyebileceği ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Hughes vd., 2009).

Oleojellerin oluşturulmasında genellikle lipit temelli materyaller kullanılmakta olup son yıllarda farklı hidrokolloidlerin kullanıldığı da görülmektedir. Bu maddeler oleojelatör (jelleştirme ajanı) olarak isimlendirilmektedir. Oleojelatörler arasında vakslar (balmumu, kandelila, karnauba vb.), monodigliseritler, triaçilgliseroller (TAG), diaçilgliseroller (DAG), monoaçilgliseroller (MAG), yağ asitleri, yağ alkollerini, vaks esterleri, sorbitan mono-stearat, etil selüloz ve bunların karışımları sayılabilir (Zetzel vd., 2012). Oleojelatörler, oleojelin fizikokimyasal özelliklerini (örneğin opaklık, tekstür, erime sıcaklığı, yağ bağlama kapasitesi vb.) etkilemektedir (Singh vd., 2017). Bununla birlikte,

oleojel oluşturulmasında kullanılan yağın kimyasal özellikleri (yağ asiti profili) ve oleojel oluşturma yöntemleri de oleojelin yapısal özelliklerini etkilemektedir (Patel ve Dawettinck, 2016; Singh vd., 2017).

Atıştırılabilir ürünler arasında bisküviler oldukça popüler olup farklı kesimlerden tüketiciler tarafından yaygın olarak tüketilmektedir. Bisküvi kalitesini etkileyen en önemli bileşenlerden birisi şorteninglerdir. Ancak şortening kullanımı, yüksek miktarda doymuş ve trans yağ alımına neden olmaktadır. Bu nedenle yenilebilir oleojellerin fırıncılık ürünlerinde kullanımı ile ilgili olarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada, %15-45 arasında şortening yerine balmumu oleojelleri kullanılarak bazı fırıncılık ürünleri üretilmiş ve orijinal ürünlerle özellikleri karşılaştırılmıştır (Demirkesen ve Mert, 2019). Çalışma sonucunda, şorteningin oleojel ile kısmi değişimi ile kabul edilebilir özelliklerde glutensiz kek ürününde doymuş yağ oranını yaklaşık %35 oranında azaltabilmişlerdir. Oleojel oluşturmak için kanola yağı ve farklı oranlarda (%3 ve %6) kandelila vaksinin kullanıldığı bir başka çalışmada ise bisküvi yapısındaki yağın tamamen oleojellerle değiştirilmesinin bisküvilerin sertliğini artırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle, bisküvi formülasyonundaki yağın ancak kısmi olarak oleojellerle değiştirilmesinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Mert ve Demirkesen, 2016). Jang vd. (2015) kanola yağı ve farklı oranlarda kandelila vaksı (%3 ve %6) kullanarak oluşturdukları oleojelleri doymuş yağ oranını azaltmak amacıyla bisküvi formülasyonuna eklemişlerdir. Bu çalışmada, bisküvilerin doymamış yağ asidi içeriği %47.2'den %92'ye yükseltilirken doymuş yağ içeriği ise %52.8'den %10'a kadar düşürülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, farklı oleojelatörler ve yağlar kullanılarak hazırlanan oleojellerin bisküvi kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmak ve oleojellerin fiziksel özellikleri ile bisküvi kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu amaçla, keten tohumu yağı ve yüksek oleik asitli ayçiçek yağından, balmumu, karnauba ve kandelila vaksları (mumları) kullanılarak oleojeller oluşturulmuş ve bu oleojellerin bisküvilerde şortening yerine kullanımları araştırılmıştır. Bisküvilerin renk ve

tekstürel özellikleri ile oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmada kullanılan yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağı, Trakya Birlik (Edirne, Türkiye) ve keten tohumu yağı ise Zade Vital A.Ş (Konya, Türkiye)'den temin edilmiştir. Balmumu, karnauba vaks ve kandelila vaks, Gustav Heess Oleochemische Erzeugnisse GmbH (Leonberg, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

Bisküvi üretiminde kullanılan buğday unu, sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat ve şortening yerel üreticiler tarafından sağlanırken, diğer malzemeler yerel marketten satın alınmıştır.

Oleojellerin Hazırlanması

Oleojellerin hazırlanması için, yüksek oleik asitli ayçiçek yağı ve keten tohumu yağına %10 oranında balmumu (BM), karnauba vaksı (KV) ve kandelila vaksı (KLV) eklenmiş, karışım 120 °C'de 15 dakika boyunca karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Sonrasında bu karışımlar oda sıcaklığında katılaşana kadar bekletilmiştir.

Oleojellerin Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

Oleojellerin yağ bağlama kapasitesi, Giacomozzi (2019) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Bu amaçla, 1 g oleojel örneği önceden tartılmış eppendorf tüpüne koyulup 1 saat buzdolabında (4°C) bekletilmiştir. Sonrasında eppendorf tüpleri oda sıcaklığında 15 dakika bekletildikten sonra 9000 g'de 15 dakika santrifüjlenmiş ve ayrılan yağ uzaklaştırıldıktan sonra tüpler tekrar tartılmıştır. Yağ bağlama kapasitesi (%) aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$YBK (\%) = 100 - \left(\frac{\text{Ayrılan yağ miktarı (g)}}{\text{Oleojel miktarı (g)}} \times 100 \right)$$

Bisküvi Üretimi

Bisküvi üretiminde AACC Standart No:10-54 üretim metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. (AACC, 2000). Formülasyonda 35 g toz şeker, 32 g şortening, 1 g tuz, 0.8 g yağsız süttozu, 0.8 g sodyum bikarbonat, 0.4 g amonyum bikarbonat,

1.2 g yüksek fruktozlu mısır şurubu, 80 g un ve düzgün hamur yapısı elde edilebilmek için 17.6 gram su kullanılmıştır. Bu bileşenleri karıştırma sırası, hamur kalitesini, şekillendirmeyi ve pişirmeyi oldukça etkilemektedir. Bu amaçla, öncelikle şortening ve şeker bir mikser (Kitchenaid, Model 5KSM150, Amerika) yardımı ile karıştırılmış, sonrasında karışıma tuz, sodyum bikarbonat ve süt tozu eklenmiştir. Karıştırma işlemi, 1 dakikalık 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Sonrasında suda çözündürülmüş amonyum bikarbonat ve yüksek fruktozlu mısır şurubu eklenmiş ve tekrar 20 saniyelik 3 kez karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Son aşamada un eklenerek karışım 10 saniye süresince 3 kez karıştırılmıştır. Her karıştırma aşamasından sonra,

hamur, mikserle yapışan kısımlardan sıyrılarak, homojen bir karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yoğurma sonrası elde edilen hamura, 5 cm çapında ve 3 mm yüksekliğinde sabit kesme kalıpları ile şekil verilmiş ve ardından bu hamur parçaları 200 °C'de 8 dakika süreyle fırında (Mommert UNE 400, Almanya) pişirilmiştir (Van Der Fels-Klerx vd., 2014). Pişirme sonrasında bisküvi örnekleri oda sıcaklığına soğutulmuş ve ilgili analizler gerçekleştirilmiştir.

Bisküvilerin kompozisyonunda yer alan şortening yerine %50 veya %100 oranında oleojel kullanılmıştır. Bisküviler, 10 farklı formülasyonda hazırlanmış ve bu formülasyonlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bisküvi hazırlanmasında kullanılan hamur formülasyonları
Table 1. Dough formulations used in biscuit preparation

Örnek adı <i>Sample name</i>	Hamur içerisindeki oranı <i>Ratio in the dough formulation</i>	
	Şortening <i>Shortening</i>	Oleojel <i>Oleogel</i>
Kontrol	%100	-
B-1	%50	%50 keten yağı (B-M)
B-2	%50	%50 keten yağı (KL-V)
B-3	%50	%50 keten yağı (K-V)
B-4	%50	%50 ayçiçek yağı (B-M)
B-5	%50	%50 ayçiçek yağı (K-V)
B-6	%50	%50 ayçiçek yağı (KL-V)
B-7	-	%100 ayçiçek yağı (B-M)
B-8	-	%100 ayçiçek yağı (K-V)
B-9	-	%100 ayçiçek yağı (KL-V)

Bisküvilerin pişirme sırasında yayılma oranı

Bisküvi örneklerinin çap ve kalınlık değerleri, AACC (2000)'de belirtildiği şekilde 10-54.01 nolu metoda göre dijital kumpas (0.001 mm, Mitutoyo, Tokyo, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Bisküvilerin çap (mm) ve kalınlık (mm) değerleri belirlendikten sonra, yayılma oranı; bisküvi çaplarının (mm) kalınlıklarına (mm) oranlanmasıyla elde edilmiştir.

Bisküvilerde Tekstür Profil Analizi

Bisküvilerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde tekstür analiz cihazı (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, UK) kullanılmış olup,

3 nokta kırılma testi (three point bend rig) tekniğine göre sertlik (N) ve kırılabilirlik (mm) değerleri tespit edilmiştir. Uygulama parametreleri Ayed vd (2021)'e göre belirlenmiş olup, ön-test hızı: 1.0 mm s-1, test hızı: 3.0 mm s-1, son-test hızı: 10.0 mm s-1, uzaklık: 5 mm, trigger kuvveti: 0.5 N olarak uygulanmıştır.

Bisküvilerde renk analizi

Bisküvilerde renk analizi amacıyla, bisküviler sabit ışık altında dijital olarak fotoğraflanmıştır. Elde edilen fotoğraflar sıkıştırılmadan JPEG formatında kullanılmıştır. Renk ölçümleri (L*a*b* parametreleri) Gökmen ve Sugut (2007)

tarafından geliştirilen dijital görüntü piksel değerlerinin Matlab ile dönüştürülmesi yöntemine göre belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Bisküvi üretimleri üç tekerrürlü ve analizler ise iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen verilere varyans analizi ve önemli bulunan faktörlere ise Tukey-HSD Testi uygulanmıştır. Tüm istatistiki hesaplamalar SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak gerçekleştirilmiş olup değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

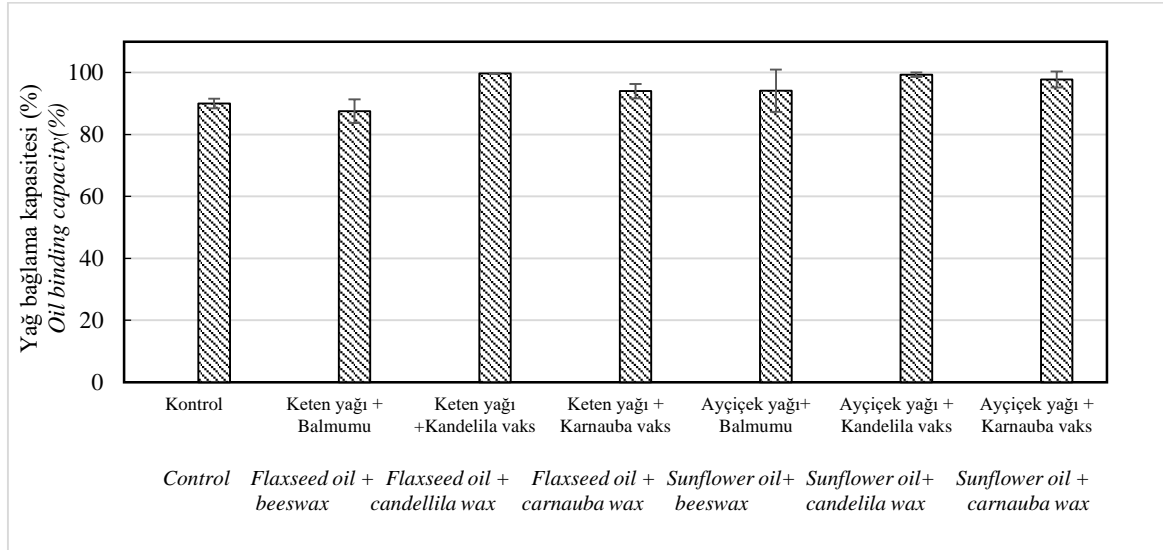
Oleojellerin yağ bağlama kapasitesi

Farklı oleojellerde elde edilen yağ bağlama kapasiteleri Şekil 1'de verilmiştir. Yağ bağlama kapasitesi, oleojellerin karakterizasyonunda önemli bir parametredir. Yağ bağlama kapasitesi, oleojel ağının yağ yapılandırma özelliklerini ve jel stabilitesini temsil etmektedir (Yang vd., 2020; Blach vd., 2016). Oleojeller, %99 (a/a) oranında yağ içerebildiğinden yağ sızıntısını önlemek için oleojellerin yüksek yağ bağlama kapasitelerine sahip olması gerekmektedir. Ayrıca oleojeller yağ ikameleri olarak kullanılacaksa proses sırasındaki karıştırma, soğutma gibi koşullara da dayanabilmelidirler. Yağ bağlama kapasitesini, jelleştirici olarak kullanılan maddenin moleküler yapısı, jel oluşturma sırasında elde edilen kristal boyutu ile jeli soğutma hızı etkileyebilmektedir (Blake, 2015). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kandelila mumunun diğer vakslara kıyasla yağ bağlama kapasitesi keten yağı ile oluşturulan oleojelde %99.75, ayçiçeği yağı ile oluşturulan jelde %99.33 olarak belirlenmiş ve diğer vakslara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Blake vd. (2014) yaptıkları çalışmada, farklı bitkisel vakslar (pirinç kepeği vaksı, ayçiçeği vaksı, kandelila ve karnauba vaksı) ile oluşturulan oleojellerin yapısal ve fiziksel özellikleri ile yağ bağlama kapasitesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre yağ bağlama kapasitesi en yüksek kandelila vaksı ile

yapılan oleojellerde, sonrasında sırasıyla karnauba vaksı, ayçiçeği vaksı ve pirinç kepeği vaksı ile yapılan oleojellerde bulunmuştur. Kandelila vaksı ile yapılan jellerde yağ bağlama kapasitesinin yüksek olmasının nedenini kandelila vaksı kristallerinin daha büyük yüzey alanı oluşturmaları ve böylece daha yüksek oranda yağı adsorbe edebilmeleri olarak açıklamışlardır. Ayrıca kandelila vaksı kristallerinin pirinç kepeği kristallerine göre yağ içerisinde daha iyi disperse olabildiklerini ve böylece oluşan küresel boşluk alanlarının azaldığı ve oluşan ağ yapısından yağın sızmasının engellendiğini rapor etmişlerdir.

Bisküvilerde çap, kalınlık ve yayılma oranı

Bisküvilerde, çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri bisküvilerin teknolojik kalitesi açısından oldukça önemlidir. Farklı kompozisyonlarla üretilmiş bisküvilere ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Teknolojik açıdan iyi bir bisküvide çapın geniş olması ve bisküvinin homojen bir yüzeye sahip olması beklenir. Aynı zamanda, yüksek yayılma oranı beklenmektedir (Blanco Canalis vd., 2017; Pareyt ve Delcour, 2008). Kontrol örneklerinde, kalınlık 5.40 mm, çap 54.48 mm ve yayılma oranı 10.12 olarak belirlenmiştir. Örnekler arasında en yüksek yayılma oranı B2, B6 ve B9 örneklerinde sırasıyla 11.52 ± 0.27 , 11.51 ± 0.66 ve 11.50 ± 0.33 olarak belirlenmiştir. En yüksek kalınlık değeri 6.68 ± 0.21 mm ile B8 örneğinde, en düşük kalınlık değeri ise B6 ve B9 örneklerinde görülmüştür. Yayılma oranının en düşük olduğu kompozisyon şortening yerine %100 ayçiçek yağı-karnauba vaksı oleojelinin kullanıldığı kompozisyonudur. Kontrol ve % 50 oleojel -% 50 şortening kullanılmış örneklerin (B2 örneği dışında) kalınlık ve yayılma oranı değerleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($P>0.05$). Kandelila vaksı içeren oleojeller ile üretilen bisküvilerde, yayılma oranı diğer bisküvilere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Kandelila vaksın karnauba vaksıya kıyasla daha düşük erime noktasına sahip olmasının, pişirme sonucunda bisküvinin yayılma oranını etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 1. Oleojellerin yağ bağlama kapasitesi

Figure 1. Oil binding capacity of oleogels

Çizelge 2. Bisküvilerin fiziksel, sertlik ve kırılabilirlik özellikleri

Table 2. Physical properties, hardness and fracturability of biscuits

Örnek Adı	Çap Diameter (mm)	Kalınlık Thickness (mm)	Yayılma oranı Spread ratio (Çap/Kalınlık)	Sertlik Hardness (N)	Kırılabilirlik Fracturability (mm)
Kontrol	54.48±2.48 ^{ab}	5.40±0.25 ^c	10.12±0.82 ^b	12.08±0.51 ^{cd}	5.12±0.41 ^{abc}
B-1	57.39±0.40 ^{cd}	5.59±0.14 ^c	10.27±0.24 ^b	7.43±1.28 ^{ab}	5.46±0.21 ^c
B-2	58.06±0.41 ^d	5.04±0.10 ^b	11.52±0.27 ^c	5.38±0.05 ^a	4.89±0.05 ^{abc}
B-3	55.00±0.61 ^{abc}	5.50±0.11 ^c	10.00±0.19 ^b	7.69±1.80 ^{ab}	5.31±0.10 ^c
B-4	55.53±0.89 ^{bc}	5.55±0.14 ^c	10.00±0.33 ^b	12.06±2.71 ^{cd}	5.26±0.19 ^{bc}
B-5	55.80±0.58 ^{cd}	5.53±0.13 ^c	10.09±0.29 ^b	7.27±2.83 ^{ab}	5.50±0.35 ^{cd}
B-6	56.10±0.46 ^{cd}	4.89±0.30 ^{ab}	11.51±0.66 ^c	8.46±0.81 ^{abc}	4.62±0.35 ^{ab}
B-7	55.51±0.34 ^{bc}	5.33±0.13 ^c	10.41±0.29 ^b	12.65±0.96 ^d	4.90±0.10 ^{abc}
B-8	53.90±0.53 ^{ab}	6.68±0.21 ^d	8.07±0.32 ^a	10.71±1.26 ^{bcd}	6.14±0.22 ^d
B-9	53.79±0.55 ^a	4.68±0.12 ^a	11.50±0.33 ^c	9.82±0.1.62 ^{bcd}	4.51±0.41 ^a

İstatistiksel değerlendirme her bir sütun içerisinde yapılmış olup farklı harfler (a, b) ortalamaların $P < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Statistical analyses were done in each column and different letters (a, b) indicate significant differences between mean values at $P < 0.05$

Li vd. (2021) yaptıkları çalışmada, hidroksipropil metil selüloz (HPMC), monoaçilgliserol, sodyum stearil laktat (SSL), pirinç kepeği vaksı (RBW) ve balmumu (BW) ile oluşturulmuş oleojellerin bisküvide kullanımını araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre HPMC kullanılarak yapılan bisküvilerin yayılma oranı en düşük bulunurken SSL, RBW ve BW ile yapılan bisküvilerde yayılma oranı şorteninge göre daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar bu durumun SSL, RBW ve BW oleojellerinin karıştırma sırasında sıvılaşmasına ve

pişirme sırasında hamurun daha az yapışkan özellik göstermesi sonucunda yayılmanın önlediği ile ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca keten tohumu yağını şorteningle farklı oranlarda ikame eden ve bisküvi özelliklerini inceleyen başka bir çalışmada, hamur viskozitesinin pişirme sırasındaki yayılma oranını etkilediği, keten tohumu yağı içeren hamurun viskozitesinin yeterince yüksek olmadığı için yayılmayı durdurmadığı ve yayılma oranında artış gözlemlendiği rapor edilmiştir (Rangrej vd., 2015).

Bisküvilerde tekstür (sertlik ve kırılabilirlik)

Bisküvi örneklerine ait sertlik ve kırılabilirlik değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Bisküvilerde sertlik değeri, tüketiciler için oldukça önemlidir. Sertlik değeri tüketicinin tazelik algısını etkilemekte ve bisküvinin deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır (Ahlborn vd., 2005). Elde edilen sonuçlara göre bisküvi örneklerinin sertlik değerlerinin 5.3 N-12.7 N aralığında değişim göstermektedir. Kontrol bisküvi örneğinde sertlik değeri 12.08±0.51 N iken, formülasyona ilave edilen oleojele bağlı olarak sertlik değeri değişkenlik göstermiştir. Kontrol örneğine en yakın sertlik değeri B4 ve B7 örneklerinde sırasıyla 12.06±2.71 N ve 12.65±0.96 N olarak belirlenmiş ve bu örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir ($P>0.05$). B4 örneği kompozisyonunda %50 şortening ile %50 ayçiçek yağı-balmumu oleojeli içermektedir. B7 örneğinde ise şortening yerine tamamen ayçiçek yağı-balmumu ile yapılan oleojel kullanılmıştır. %100 ayçiçek-balmumu oleojeli kullanımının, yapısal özellikler açısından şortening alternatifi olarak kullanılabilirliği gözlenmiştir. Karnaua ve kandelila vaks ile üretilen oleojellerin kullanıldığı bisküvilerde sertlik değeri kontrole göre daha düşük tespit edilmiştir. Bisküvi ve benzeri ürünlerin bileşiminde şortening bulunmadığında ya da azaltıldığında, gluten ve nişasta tanecikleri arasında etkileşim artmakta, bu nedenle de sert bir

yapı oluşmaktadır. Yağ miktarı yüksek olduğunda ise, yağ faz oluşturarak gluten ve nişasta yapısının sürekliliğini bozmakta, protein ve nişasta granüllerini çevreleyerek, birbirinden izole etmekte ve ürünün yapısının daha gevrek, kolay parçalanabilir olmasına neden olmaktadır (Akan, 2004; Coşkun, 2020). Bisküvilerde önemli bir diğer parametre de kırılabilirliktir. Kontrol örneklerinde kırılabilirlik değeri 5.12±0.41 mm elde edilmiş ve kompozisyonunda %50 oleojel-%50 şortening olan bisküvilerin kırılabilirlik değerleri ile önemli bir fark gözlenmemiştir. Kontrol örneğine göre önemli bir fark sadece B8 bisküvisinde gözlenmiş ve bu örnekte kırılabilirlik değeri 6.14±0.22 mm olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bisküvilerde oleojel kullanımı ve oleojel yapımında kullanılan vakslar, bisküvinin sertlik ve kırılabilirlik özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir.

Renk analizi

Bisküvilerin renk analizi sonuçları Çizelge 3’de, dijital fotoğrafları ise Şekil 2’de verilmiştir. Bisküvilerin L^* ve a^* değerlerinde kontrol bisküvisine göre istatistiksel olarak önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Ancak b^* değeri incelendiğinde, 39.71 ile 45.57 arasında değiştiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, bisküvilerin renk özelliklerinin oleojel kullanımı ve kompozisyonundan etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır.

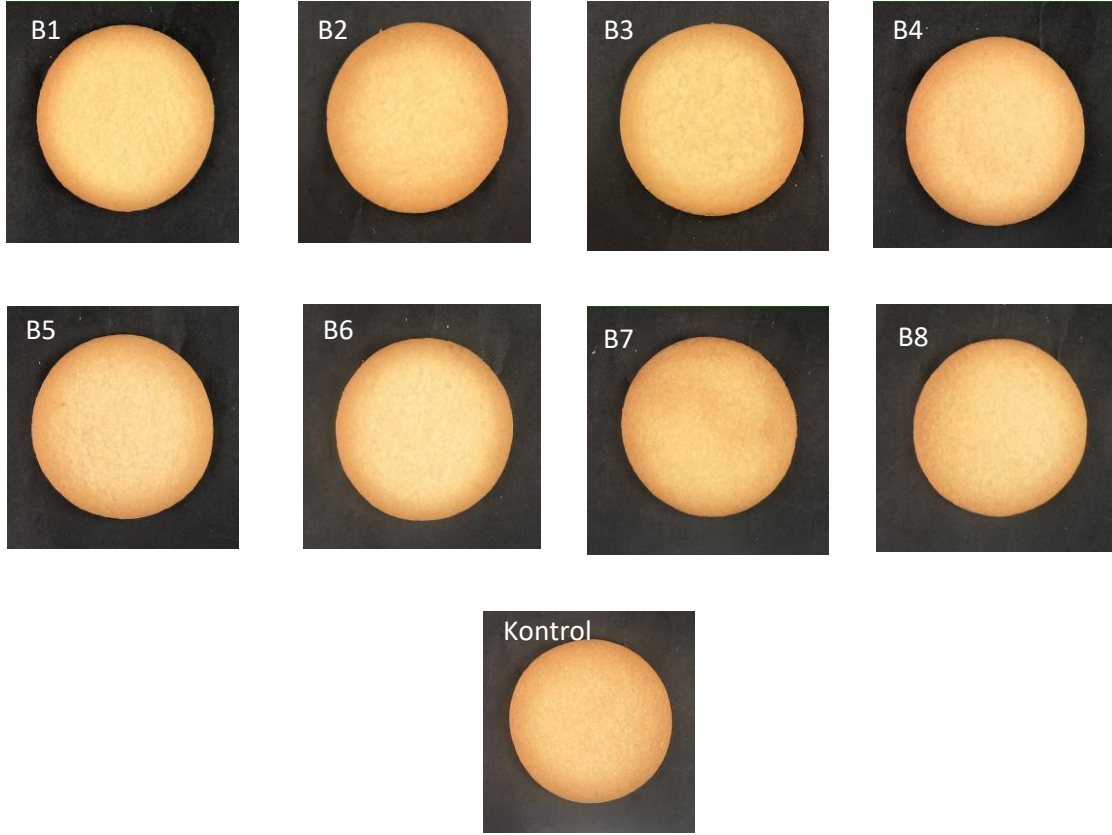
Çizelge 3. Bisküvilerin L^*, a^*, b^* renk değerleri

Table 3. L^*, a^*, b^* color parameters of biscuits

Örnek Adı Sample name	L^*	a^*	b^*
Kontrol	84.69±1.16 ^a	9.49±1.08 ^a	44.57±0.67 ^{cd}
B-1	82.29±1.07 ^{ab}	12.44±1.76 ^a	44.47±0.85 ^{cd}
B-2	82.40±0.16 ^{ab}	11.26±0.32 ^a	45.57±0.10 ^d
B-3	82.37±0.57 ^{ab}	12.01±0.97 ^a	41.65±1.17 ^{ab}
B-4	82.99±1.00 ^{ab}	11.59±1.34 ^a	40.48±0.96 ^a
B-5	83.63±0.88 ^{ab}	10.69±1.01 ^a	39.71±0.29 ^a
B-6	83.88±0.96 ^a	10.23±1.24 ^a	39.85±1.04 ^a
B-7	80.04±0.95 ^b	13.26±0.92 ^a	43.46±0.87 ^{bcd}
B-8	81.68±1.62 ^{ab}	12.09±1.52 ^a	42.08±0.61 ^{abc}
B-9	82.40±2.72 ^{ab}	11.81±3.36 ^a	40.47±1.34 ^a

İstatistiksel değerlendirme her bir sütun içerisinde yapılmış olup farklı harfler (a, b) ortalamaların $P<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Statistical analyses were done in each column and different letters (a, b) indicate significant differences between mean values at $P<0.05$



Şekil 2. Farklı olojeller kullanılarak yapılmış bisküvilerin görüntüleri
Figure 2. Images of biscuits produced by using different oleogels

SONUÇ

Bu çalışma sonucunda balmumu, kandelila, karnauba vaksı kullanılarak keten ve ayçiçek yağı oleojelleri üretilmiş ve bu oleojellerin şortening yerine bisküvide kullanım olanakları araştırılmıştır. Şortening yerine oleojel kullanımı bisküvilerin renk özelliklerini önemli derecede etkilemezken, tekstürel özelliklerinde farklılıklara yol açmıştır. Özellikle sertlik değerlerinde önemli farklılıklar görülmüş, kontrol örneğine en yakın bulunan sertlik değerleri %50 ayçiçek yağı-balmumu oleojeli ve %50 şortening ile üretilen bisküvilerde belirlenmiştir. Ayrıca şortening yerine tamamen ayçiçek yağı-balmumu oleojeli ile üretilen bisküvilerde de sertlik ve kırılabilirlik değerlerinde kontrol bisküvisine kıyasla önemli bir fark gözlenmemiştir. Ketan tohumu yağı ile üretilen oleojellerde de yapısal problemler gözlenmemiş ancak bisküvilerin tat-koku gibi

özelliklerinin olumsuz etkilenebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca keten tohum yağı gibi çoklu doymamış yağ asiti ile oluşturulan oleojellerin oksidasyona açık olmasından dolayı bisküvi raf ömrünü olumsuz etkilebileceği öngörülmüştür. Bu bakımdan oleojellerin gıda ürünlerinde kullanım olanaklarının değerlendirilmesi amacıyla, gelecek çalışmalarda oleojel stabilitesinin belirlenmesi ve üründe raf ömrü analizlerinin yapılması gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

KAYNAKLAR

AACC International. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists,

- 10th Ed. Method 44-19. The Association: St. Paul, MN.
- Ahlborn GJ, Pike OA, Hendrix SB, Hess WM, Huber CS. (2005). Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free breads. *Cereal Chem*, 82: 328- 335.
- Akan T. (2004). Kek üretiminde kullanılan interesterifiye yağların kek kalitesine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans tezi, Van, Türkiye, 30 s.
- Ayed, C., Lim, M., Nawaz, K., Macnaughtan, W., Sturrock, C. J., Hill, S. E., Linforth R., Fisk, I. D. (2021). The role of sodium chloride in the sensory and physico-chemical properties of sweet biscuits. *Food Chem: X*, 9, 100115.
- Blach, C., Gravelle, A. J., Peyronel, F., Weiss, J., Barbut, S., Marangoni, A. G. (2016). Revisiting the crystallization behavior of stearyl alcohol : stearic acid (SO : SA) mixtures in edible oil. *RSC Advances*, 6(84), 81151-81163.
- Blake, A.I., Co, E.D., Marangoni, A.G. (2014). Structure and Physical Properties of Plant Wax Crystal Networks and Their Relationship to Oil Binding Capacity. *J Am Oil Chem Soc*, 91: 885-903.
- Blake, A.I.E. (2015). The Microstructure and Physical Properties of Plant-Based Waxes and their Relationship to the Oil Binding Capacity of Wax Oleogels. Msc.Dissertation, The University of Guelph Guelph, Ontario, Canada, 173p.
- Blanco Canalis, M.S., Steffolani, M.E., León, A.E., Ribotta, P.D. (2017). Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality. *J Sci Food Agr*, 97, 1607-1615.
- Brouwer I. A., Wanders A. J., Katan M. B. (2010). Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans-a quantitative review, *PLoS One*, 2;5(3):e9434.
- Coşkun M. (2020). Bisküvide yağ ikamesi olarak kahve çekirdeği zarı kullanımı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans tezi, Bursa, Türkiye, 90s.
- Da Silva, S. L., Amaral, J. T., Ribeiro, M., Sebastiao, E. E., Vargas, C., de Lima Franze, F.,.... Campagnol, P. C. B. (2019). Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Sci*, 149, 141-148.
- Demirkesen, I., Mert, B. (2019). Utilization of Beeswax Oleogel-Shortening Mixtures in Gluten-Free Bakery Products. *J American Oil Chem Soc*, 96 (5), 545-554.
- Giacomozzi, A.S., Palla, C.A., Carrín, M.E., Martini, S. (2019). Physical Properties of Monoglycerides Oleogels Modified by Concentration, Cooling Rate, and High-Intensity Ultrasound. *J Food Sci*, 84: 2549-2561.
- Gökmen, V., Sugut, I. (2007). A Non-Contact Computer Vision Based Analysis of Color in Foods. *Int J Food Eng*, 3 (5).
- Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., Rush, J. W. E. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Sci & Technol*, 20 (10), 470-480.
- Iqbal, S., Xu, Z., Huang, H., Chen, X. D. (2019). Controlling the rheological properties of oil phases using controlled protein-polysaccharide aggregation and heteroaggregation in water-in-oil emulsions. *Food Hydrocoll*, 96, 278-287.
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H. S., Lee, H. G., Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food Chem*, 187, 525-529.
- Li, S., Wu, G., Li, X., Jin, Q., Wang, X., Zhang, H. (2021). Roles of gelator type and gelation technology on texture and sensory properties of cookies prepared with oleogels. *Food Chem*, 356, 129667.
- Mert, B., Demirkesen, I. (2016). Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food Chem*, 199, 809-816.
- Mozaffarian, D., Aro, A., Willett, W. C. (2009). Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence. *Eur J Clin Nutr*, 63 Suppl 2, S5-21.

- Öğütçü, M., Yılmaz, E. (2015). Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes. *Int J Food Prop*, 18 (8), 1741-1755.
- Pareyt, B., Delcour, J. A. (2008). The Role of Wheat Flour Constituents, Sugar, and Fat in Low Moisture Cereal Based Products: A Review on Sugar-Snap Cookies. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 48 (9), 824-839.
- Park, C., Maleky, F. (2020). A Critical Review of the Last 10 Years of Oleogels in Food. *Front Sust Food Syst*, 4(139).
- Patel, A., Dewettinck, K. (2016). "Edible oil structuring: an overview and recent updates", *Food and Funct*, 7, 20-29.
- Pehlivanoğlu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., Sagdic, O. (2018). Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 58 (8), 1330-1341.
- Pérez-Monterroza, E. J., Márquez-Cardozo, C. J., Ciro-Velásquez, H. J. (2014). Rheological behavior of avocado (*Persea americana* Mill, cv. Hass) oleogels considering the combined effect of structuring agents. *LWT - Food Sci Technol*, 59(2, Part 1), 673-679.
- Rangrej, V., Shah, V., Patel, J., Ganorkar, P.M.(2015). Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *J Food sci Technol*, 52 (6), 3694-3700.
- Singh, A., Auzanneau, F. I., Rogers, M. A. (2017). Advances in edible oleogel technologies – A decade in review. *Food Res Int*, 97, 307-317.
- Vaclavik V. A., Christian E. W. (2014). *Fat and Oil Products in Essentials of Food Science*. 4th edition, Food Science Text Series. Springer, New York, USA, 495 p.
- Van Der Fels-Klerx, H. J., Capuano, E., Nguyen, H. T., Ataç Mogol, B., Kocadağlı, T., Göncüoğlu Taş, N., Hamzalıoğlu A., Van Boekel, M.A.J.S., Gökmen, V. (2014). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation during baking of biscuits: NaCl and temperature–time profile effects and kinetics. *Food Res Int*, 57, 210-217.
- Uauy, R., Aro, A., Clarke, R., Ghafoorunissa, L'Abbé, M. R., Mozaffarian, D., Skeaf, C.M., Stender S., Tavella, M. (2009). WHO Scientific Update on trans fatty acids: summary and conclusions. *Eur J Clin Nutr*, 63 (2), S68-S75.
- Yang, S., Yang, G., Chen, X., Chen, J., Liu, W. (2020). Interaction of monopalmitate and carnauba wax on the properties and crystallization behavior of soybean oleogel. *Grain Oil Sci Technol*, 3(2), 49-56.
- Zetzl, A. K., Marangoni, A. G., Barbut, S. (2012). Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food Funct*, 3 (3), 327-337.

FARKLI ÇÖZGEN VE ÇÖZGEN KARIŞIMLARI İLE EKSTRAKSİYONUN SAFRANIN (*Crocus sativus L.*) TOPLAM BİYOAKTİF BİLEŞEN MİKTARINA ETKİSİ

Saeid Chobdar Rahim*, Janan Hossein Zadeh, Fikret Pazır, Gülden Ova
Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

Geliş / Received: 11.02.2021; Kabul / Accepted: 16.09.2021; Online baskı / Published online: 04.10.2021

Chobdar-Rahim, S., Hossein-Zadeh, J., Pazır, F., Ova, G. (2021). Farklı çözgen ve çözgen karışımları ile ekstraksiyonun safranın (*Crocus sativus L.*) toplam biyoaktif bileşen miktarına etkisi. *GIDA* (2021) 46 (5) 1289-1300 doi: 10.15237/gida.GD21031.

Chobdar-Rahim, S., Hossein-Zadeh, J., Pazır, F., Ova, G. (2021). Farklı çözgen ve çözgen karışımları ile ekstraksiyonun safranın (Crocus sativus L.) toplam biyoaktif bileşen miktarına etkisi. GIDA (2021) 46 (5) 1289-1300 doi: 10.15237/gida.GD21031.

ÖZ

Safran Standardına göre (TS/ISO 3632, 2011) kalite açısından birinci derece bir safran baharatının, 13 farklı çözgen sistemi (saf su, metanol, etanol, asetonun farklı oranlarda karışımı) kullanılarak elde edilen ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid madde miktarlarıyla antioksidan aktiviteleri üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde miktarı 2265.00 mg GAE/100 g KM ile su/etanol/metanol (v/v/v, 30/30/40) ekstraktında saptanırken, en düşük toplam fenolik madde miktarı 40.00 mg GAE/100 g KM ile aseton ekstraktında saptanmıştır. Toplam flavonoid madde açısından en yüksek miktar 587.14 mg KE/100 g KM ile su/etanol/metanol (v/v/v, 30/30/40) ekstraktında tespit edilirken, aseton ekstraktında flavonoid bileşeni tespit edilememiştir. Antioksidan aktivite açısından DPPH ve ABTS+ analiz yöntemlerinde en yüksek değerler sırasıyla 1202.68 mg TE/100 g KM ve 1383.74 mg TE/100 g KM ile su/etanol/metanol (v/v/v, 30/30/40) ekstraktında saptanırken, en düşük miktar DPPH için 232.43 mg TE/100 g KM etanolde ve ABTS+ için 251.23 mg TE/100 g KM aseton ekstraktında saptanmıştır.

Anahtar kelimeler; Safran, ekstraksiyon, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, antioksidan aktivite

THE EFFECT of EXTRACTION WITH DIFFERENT SOLVENTS and SOLVENT MIXTURES on THE TOTAL AMOUNT of BIOACTIVE COMPONENTS of SAFFRON (*Crocus sativus L.*)

ABSTRACT

This study examines various activities of the saffron, first quality according to Saffron Standard (TS/ISO 3632, 2011) extracts by using 13 different solvent systems, (distilled water, methanol, ethanol, acetone and their mixtures at different levels). Total phenolic measured in water, ethanol,

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: saeid.choobdar@hotmail.com

☎: (+90) 232 311 3018

☎: (+90) 232 342 7592

Saeid Chobdar Rahim; ORCID no: 0000-0002-5888-5441

Janan Hossein Zadeh; ORCID no: 0000-0002-1024-9980

Fikret Pazır; ORCID no: 0000-0003-3997-4892

Gülden Ova; ORCID no: 0000-0002-9161-0212

methanol, (v/v/v, 30/30/40) extract with 2265.00 mg GAE/100 g DM as highest and, the acetone extract with 40.00 mg GAE/100 g DM as lowest. The highest amount of total flavonoids was detected in water, ethanol, methanol (v/v/v, 30/30/40) extract with 587.14 mg CE/100 g DM, flavonoid component was not detected in acetone extract. As antioxidant activity in DPPH and ABTS⁺ analysis methods, the highest values were detected in water, ethanol, methanol (v/v/v, 30/30/40) extract with 1202.68 mg TE/100 g DM and 1383.74 mg TE/100 g DM, respectively. The lowest were detected 232.43 mg TE/100 g DM (DPPH) in ethanol and 251.23 mg TE/100 g DM (ABTS⁺) in acetone extract.

Keywords; saffron, extraction, total phenolic content, flavonoid content, antioxidant activity

GİRİŞ

Safran (*Crocus sativus* L.) yaygın adı zaferan olan süsengiller (*Iridaceae*) familyasından, sonbaharda çiçek açan 20–30 cm boyunda, çiğdem (*Crocus*) cinsinden, soğanlı mor çiçekli bir bitkidir. Safran, genellikle safran çiçeğinin renkli dişi organı, yumurta borusu ve tepelik (stigma) kısımlarının ayrılması ve gölgede kurutulması ile elde edilen baharat olarak kabul edilmektedir. Safran baharatının içeriğinde bulunan karotenoidlerden olan “krosin” altın sarısı renkte, suda çözünür, boyama gücü yüksek doğal bir boya maddesidir. Ayrıca safran, biyoaktif bileşenler sayesinde güçlü bir antioksidan ve antikanser etkiye sahiptir. Safran kendine özgü lezzet ve aroması ile dünya mutfaklarında aranan bir baharattır (Armellini vd., 2018).

Gıdaların yapısında yer alan karotenoidler, fenolik gruplar ve flavonoidler antioksidan etkiden sorumlu yapılardır. Bu sebeple safranın fenolik, flavonoid ve karotenoid içeriği sağlıklı beslenme açısından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda oksijen radikallerinin yol açtığı birçok hastalığın tedavisinde bitkisel kaynaklı doğal antioksidanların kullanımı oldukça artış göstermektedir (Valizadeh, 1998; Assimopoulou vd., 2005; Görünmezoglu, 2008; Gismondi vd., 2012).

Safran 150’den fazla uçucu ve aroma özelliğine sahip bileşik içermektedir. Safranın biyoaktif bileşenleri iki ana başlık altında; suda çözünür ve yağda çözünür biyoaktif bileşenler olarak ayrılabilir. Bu biyoaktif bileşenlerinin çoğunluğunu aralarında zeaksantin, likopen, ve değişik α - ve β -karotenlerin de bulunduğu karotenoidler oluşturmaktadır. Safran altın sarısı-turuncu rengini suda çözünür karotenoidlerden olan krosine borçludur (Rahaiee vd., 2015).

Krosin doğal bir karotenoid bileşiktir. Gentiobioz adlı disakkarit ile krosetin adlı dikarboksilik asitten meydana gelen bir diesterdir. Parlak kırmızı renklidir ve suda çözünür kırmızı-turuncu bir çözelti oluşturmaktadır. Ayrıca güçlü bir antioksidan olduğu bilinmektedir (Atefi, 2006). Bu bilgiler ışığında safranın antioksidan aktivite özelliğinin yapısında bulunan (suda çözünür) krosin ve diğer karotenoidlerden kaynaklandığı görülmektedir.

Bir gıda maddesinin toplam biyoaktif bileşenler açısından analizi için ilk adım; bu bileşenlerin ekstrakte edilmesidir. Doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar için ekstraksiyonun doğru şekilde yapılması gerekmektedir (Benthin vd., 1999). Gıda analizlerinde genellikle kullanılan ekstraksiyon yöntemleri; mekanik ekstraksiyon, distilasyon, çözücüler ile ekstraksiyon ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu şeklinde sıralanabilmektedir. Gıdaların biyoaktif bileşen analizlerinde genellikle tercih edilen yöntem çözücülerle yapılan ekstraksiyon yöntemidir (Alan vd., 2007).

Ekstraksiyonun amacı örnek matriksinden etken maddeleri, inert veya arzu edilmeyen maddelerden ayırmak ve etken maddeyi daha derişik bir hale getirmektir. Bitki matriksinde bulunan önemli etken maddeler; biyoaktif bileşenler, alkaloidler, glikozitler, tanenler, resinler, uçucu yağlar, yağlar ve oleoresinlerdir. İncelediğimiz araştırmalarda safranın biyoaktif bileşen analizlerinde tek çözgen veya iki çözgen karışımları kullanılmıştır (Assimopoulou vd., 2005; Chatterjee vd., 2005; Karimi vd., 2010; Gismondi vd., 2012.; Zarinkamar vd., 2017; Ghanbari vd., 2019; Rikabad vd., 2019).

Bu çalışmanın amacı; kalite açısından birinci derece (TS/ISO 3632, 2011) bir safran örneğinin, farklı çözen sistemleri (aseton, saf su, etanol, metanol ve bunların farklı yüzdelerde karışımı) kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının; toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite değişimini incelemek ve hangi çözen sisteminin toplam biyoaktif bileşenler açısından en yüksek değerlere sahip olduğunu saptamaktır.

MATERYAL VE METOT

Safran Örneği

Araştırmada kullanılan safran örneği (*Crocus sativus* L.) İran'ın Horasan Razavi ilinin, Maşhad şehrinde safran yetiştiren ve piyasaya arz eden Badei firmasından temin edilmiştir. Safran örneği eylül 2020 hasadı olup, vakumlu etüv (45°C, 4 saat, 0.6-0.8 P/cm²) ile kurutulmuştur. Işık ve su buharı geçirmeyen laminasyonlu ambalajlarda 6 gün içerisinde Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne ulaştırılıp, analizler süresince 4°C'da depolanmıştır.

Safran Karakterizasyonu

Çalışmada kullanılan safran baharatı, Safran Standardı (TS/ISO 3632, 2011) tarafından bildirilen prosedürler izlenerek renk (krosin), aroma (safranal) ve tat (pikrokrosin) içeriğine göre kalite açısından tanımlanmıştır (Çizelge 1). Analiz için 500 mg safran öğütüldükten sonra, 1 litre saf suda, 2 saat manyetik karıştırıcıda (Model-WiseShake-SHO-2D) oda sıcaklığında karıştırıldıktan sonra elde edilen çözeltiden 20 ml alınıp saf su ile 200 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra safranın renk, aroma ve lezzet karakterlerinin incelenmesi için elde edilen 200 ml çözeltilinin sırasıyla 440, 330 ve 257 nm'de absorbansları spektrofotometre (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) ile okunmuştur.

Safran Ekstraksiyonu

Bu çalışmada 13 farklı çözen sistemi (her çözen sistemi 40 ml olacak şekilde) hazırlanmıştır. Ekstraksiyon süresi ve kombine çözen sistemlerindeki oranlar (v/v), literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak, her bir çözen miktarı %25'den düşük olmayacak şekilde ve toplam biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite değerleri maksimum olacak şekilde ön deneme çalışmaları

ile belirlenmiştir (Zarrinkamar vd., 2017; Ghanbari vd., 2019; Gani vd., 2021; Kothari vd., 2021).

13 çözen sistemindeki oranlar aşağıda sıralanmaktadır;

A/E: (Aseton/Etanol) (v/v, 50/50)

A/S/M/E: (Aseton/Su/Metanol/Etanol) (v/v/v/v, 25/25/25/25)

A/M: (Aseton/Metanol) (v/v, 50/50)

A/M/E: (Aseton/Metanol/Etanol) (v/v/v, 30/40/30)

A/S: (Aseton/Su) (v/v, 50/50)

A: (Aseton)

S: (Saf Su)

E: (Etanol)

M: (Metanol)

S/E: (Su/Etanol) (v/v, 50/50)

E/M: (Etanol/Metanol) (v/v, 50/50)

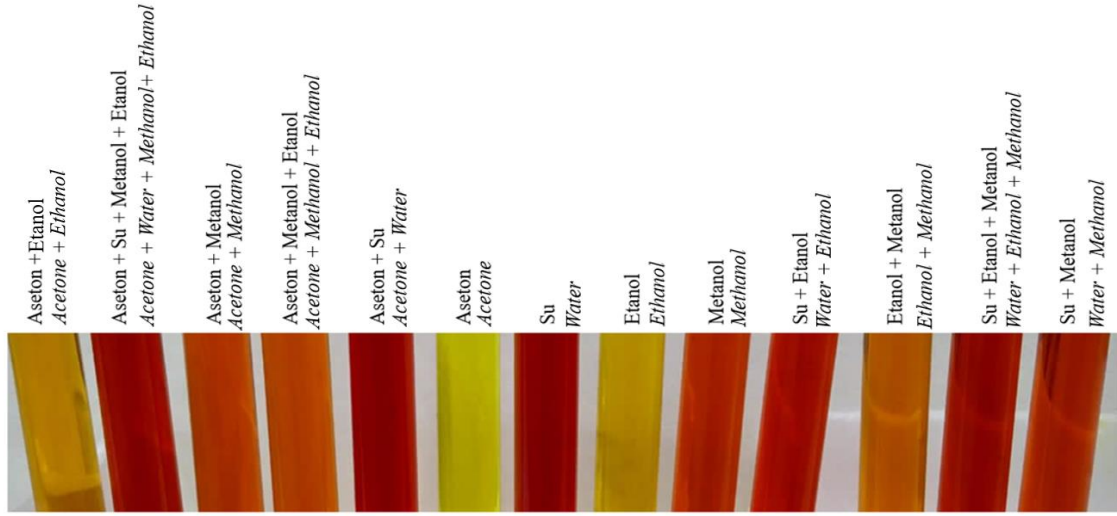
S/E/M: (Su/Etanol/Metanol) (v/v/v, 30/30/40)

S/M: (Su/Metanol) (v/v, 50/50)

Her farklı çözen sistemi için 2 gr safran baharatı öğütüldükten sonra karanlıkta 2 saat boyunca 100 rpm'e ayarlı çalkalamalı karıştırıcıda (Model-WiseShake-SHO-2D) ekstrakte edilmiştir. Daha sonra 4000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilip (Model-Mistral 1000) süpernatant kısmı analizlerde kullanılmıştır (Şekil 1).

Toplam Fenolik Madde Tayini

13 farklı çözen sistemi ile ekstrakte edilmiş safran örneklerinden ayrı ayrı 100 µl alınıp üzerine 7.5 ml saf su ve 500 µl Folin-Ciocalteu (FCR) reaktifi eklendikten sonra 3 dakika karanlıkta oda sıcaklığında bekletilip vortekslenmiştir (WiseMix VM-10). Daha sonra 1 ml sodyum karbonat (Na₂CO₃) (%7 w/v) ilave edilip saf su ile 10 ml'ye tamamlanıp, iyice çalkalanmıştır. 1 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletildikten sonra absorbansı spektrofotometre ile 765 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Örneklerde bulunan toplam fenolik madde miktarı, daha önce farklı konsantrasyonlarda (50-600 ppm) hazırlanan gallik asit (3,4,5-trihidroksibenzoik asit) çözeltilerinin absorbans değerlerinden elde edilen standart eğri yardımıyla hesaplanmış, sonuçlar "mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g KM" olarak verilmiştir (Xu ve Chang, 2007).



Şekil 1. Safranın farklı çözgen sistemlerindeki ekstraktları
Figure 1. Extracts of saffron in different solvent systems

Toplam Flavonoid Madde Tayini

Farklı çözgen sistemleri ile ekstrakte edilmiş safran örneklerindeki toplam flavonoid miktarı önceki araştırmalarda önerilen spektrofotometrik yöntemler modifiye edilerek belirlenmiştir. (Singleton ve Rossi, 1965; Jia vd., 1999; Sánchez-Moreno, 2002). 13 farklı çözgen sistemi ile ekstrakte edilmiş safran örneklerinden ayrı ayrı deney tüpüne 250 µl alınarak üzerine 1.25 ml distile su ilave edilmiştir. Sıfırıncı dakikada 75 µl (%5 w/v) NaNO₂, 6. dakikada 150µl (%10 w/v) AlCl₃, 11. dakikada 0.5 ml 1M NaOH ve 275 µl distile su eklenerek karışımın absorbansı spektrofotometre ile 510 dalga boyunda ölçülmüştür. Örneklerde bulunan toplam flavonoid miktarı, daha önce farklı konsantrasyonlarda (50-600 ppm) hazırlanan kateşin ((2R,3S)-2-(3,4-Dihidroksifenil-3,4-dihidro-2H-1-benzopirran-3,5,7-triol) çözeltilerinin absorbans değerlerinden elde edilen standart eğri yardımıyla hesaplanmış, sonuçlar “mg kateşin eşdeğeri (KE)/100 g KM” olarak verilmiştir. Toplam flavonoid tayinlerinde genellikle Kateşin, Rutin eşdeğeri (RE) (α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranose) veya Kuersetin eşdeğeri (QE) (3,3',4',5,7-Pentahydroxyflavone) kullanılmaktadır.

ABTS+ Radikali Yakalama Aktivitesi Analizi

ABTS⁺ (2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) radikal yakalama aktivitesi Re vd. (1999) göre gerçekleştirilmiştir. ABTS⁺ radikal katyonu, ABTS⁺ stok çözeltisinin (7mM); 2.45 mM potasyum persülfat çözeltisi ile karıştırılması ve karışımın kullanımdan önce 12-16 saat boyunca oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmesiyle hazırlanmıştır. Ölçümler için stok çözeltisi 734 nm'de 0.700 absorbans değerini sağlayana kadar saf su ile seyreltilmiştir. 0.1 ml ekstrakta, 2 ml ABTS⁺ çözeltisi eklendikten sonra 6 dakika karanlıkta bekletilip, 734 nm'de absorbansı okunmuştur. ABTS⁺ testi için, troloks (±6-hidroksi2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboksilik asit) kalibrasyon eğrisi hazırlanıp, sonuçlar “mg troloks eşdeğeri (TE)/100 g KM” olarak ifade edilmiştir. ABTS⁺, serbest radikal süpürme inhibisyonu (%) aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [(AA-AN) / AA] \times 100$$

AA = ABTS⁺ absorbans değeri

AN = Numune absorbans değeri

DPPH Radikal Yakalama Kapasitesi Analizi

Safran örneklerinden elde edilen ekstraktların antioksidan kapasitelerinin ölçümü DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal indirgeme aktivitesi metoduna göre yapılmıştır (Singleton ve

Rossi, 1965; Brand-Williams vd., 1995; Sánchez-Moreno, 2002). 6×10^{-5} M DPPH saf metanolde günlük olarak hazırlanmıştır. 0.1 ml örnek ekstraktı ya da standart üzerine 4.9 ml metanolik DPPH eklenmiştir. Elde edilen bu karışım 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 517 nm'de köre karşı absorbanı spektrofotometre cihazı ile okunmuştur. Analiz için (50-600) ppm troloks kalibrasyon eğrisi hazırlanıp, sonuçlar "mg troloks eşdeğeri (TE)/100 g KM" olarak ifade edilmiştir. DPPH, serbest radikal süpürme inhibisyonu (%) aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon (\%)} = \left[\frac{(AK-AN)}{AK} \right] \times 100$$

AK = Kontrol absorbanı değeri

AN = Numune absorbanı değeri

İstatistiksel Analiz

Çalışmalarda 2 tekerrürlü 3 paralel tesadüf parselleri deneme deseni kullanılmıştır (n=6). Sonuçların değerlendirilmesinde Anova one-way analizinden yararlanılmıştır. Bu istatistiksel analiz sonucunda önemli çıkan faktörlerin ($P < 0.05$) alt grup ortalamaları çoklu karşılaştırma yöntemine

(Duncan) göre karşılaştırılmıştır. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı ile antioksidan aktivite arasında korelasyon olup olmadığı regresyon testi yardımıyla saptanmıştır. Yapılan tüm istatistiksel testlerde anlamlılık düzeyi ($P < 0.05$) olarak kabul edilmiştir. Tüm istatistiksel hesaplamalar SPSS 25 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Safran Karakterizasyonu

Çalışmamızda materyal olarak kullanılan İran Badei marka safran örneğinde krosin (renk) değeri 198, pikrokrosin (lezzet) değeri 72 ve safranal (aroma) değeri 38 olarak saptanmıştır (Çizelge 2). Bu değerler Çizelge 1'deki safran standart değerleri (Safran Standart; TS/ISO 3632, 2011) ile karşılaştırıldığında krosin ve Pikrokrosin açısından birinci dereceden daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Safranal açısından maksimum soğurma değeri standartta verilen 20-50 değerleri arasındadır. Bu durum göz önüne alındığında safran örneğimiz birinci kalite olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Safranın kalite derecelendirilmesindeki minimum kriterler (TS/ISO 3632, 2011)

Table 1. Minimum criteria for quality grading of saffron (TS/ISO 3632, 2011)

	I Derece <i>I Degree</i>	II Derece <i>II Degree</i>	III Derece <i>III Degree</i>	IV Derece <i>IV Degree</i>
Krosin (renk) <i>Crocin (color)</i>	190	150	110	80
Pikrokrosin (lezzet) <i>Picrocrocin (flavor)</i>	70	55	40	30
Safranal (Aroma) <i>Safranal (Aroma)</i>	20-50	20-50	20-50	20-50

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan safran'a ait kalite kriterleri

Table 2. Quality criteria of saffron used in the study

Kriterler <i>Criteria</i>	Absorbans <i>Absorbance</i>	Maksimum Soğurma (λ (max)) <i>Maximum Absorption (λ (max))</i>
Krosin (Renk) $A^{%1}_{1cm, 440 \text{ nm}}$ <i>Crocin (color) $A^{%1}_{1cm, 440 \text{ nm}}$</i>	0.8910	198
Pikrokrosin (Lezzet) $A^{%1}_{1cm, 257 \text{ nm}}$ <i>Picrocrocin (flavor) $A^{%1}_{1cm, 257 \text{ nm}}$</i>	0.3240	72
Safranal (Aroma) $A^{%1}_{1cm, 330 \text{ nm}}$ <i>Safranal (Aroma) $A^{%1}_{1cm, 330 \text{ nm}}$</i>	0.1710	38

Toplam Fenolik Madde ve Toplam Flavonoid Tayinleri

Safranın farklı çözen sistemlerindeki toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı yüksek oranlarda değişiklik göstermektedir ($P < 0.05$) (Çizelge 3). Analiz sonuçlarını incelediğimizde toplam fenolik madde miktarı 13 farklı çözen sistemlerinde sırasıyla; S/E/M > S/M > A/S > A/S/M/E > S > M > S/E > A/M > A/M/E > E/M > A/E > E > A, olarak belirlenirken, toplam flavonoid miktarı ise; S/E/M > S/M > A/S/M/E > A/M/E > A/M > E/M > M > S/E > A/S > S > E > A/E > A olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek toplam fenolik (2265.00 mg GAE/100 g KM) ve flavonoid madde miktarı (587.14 mg KE/100 g KM), su/etanol/metanol (v/v/v, 30/30/40), kombinasyonu ile hazırlanan çözen ekstraktında saptanırken, en düşük toplam fenolik (40.00 mg GAE/100 g KM) ve flavonoid madde miktarı (00.00 mg KE/100 g KM), aseton ile ekstrakte edilen örneklerde elde edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde safranın biyoaktif bileşen ekstraktlarında genellikle tek veya iki kombine çözen sistemleri kullanılmıştır (Amin vd., 2011; Makhlof vd., 2011). Karimi vd. (2010) gerçekleştirdikleri çalışmada safranın toplam fenolik, flavonoid madde miktarları ve antioksidan aktivite analizi için 3 farklı çözen (su, metanol ve etanol) kullanmışlardır. Toplam fenolik madde miktarı en yüksek sırasıyla metanol (650 mg GAE/100 g KM), etanol (630 mg GAE/100 g KM) ve su (570 mg GAE/100 g KM) ekstraktlarında saptanırken, flavonoid miktarı sırasıyla metanol (580 mg Rutin/100 g KM), su (380 mg Rutin/100 g KM) ve etanol (290 mg Rutin/100 g KM) ekstraktlarında saptanmıştır.

Farklı gübre kullanımının safran bitkisinde (*Crocus sativus* L.) çiçeklenme, soğan özellikleri, biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivite üzerine etkisi araştırılan bir diğer çalışmada, biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite analizleri için su/metanol (v/v, 20/80) karışımı kullanılmıştır. Toplam

fenolik ve flavonoid madde miktarı sırasıyla 591 mg GAE/100 g KM ve 451 mg KE/100 g KM olarak belirlenmiştir (Ghanbari vd., 2019).

Zarrinkamar vd. (2017) yaptıkları çalışmada safran bitkisinde stigma, taç yaprağı, yaprak ve soğanının biyoaktif bileşenlerini kıyaslamışlardır. Safran baharat (stigma) ekstraktı için su/metanol (v/v, 20/80) karışımı kullanılan çalışmada, safran baharatında toplam fenolik madde 643 mg GAE/100 g KM ve toplam flavonoid 233 mg Rutin/100 g KM olarak saptanmıştır. Farklı sulama yöntemlerinin safran ekstraktında toplam fenolik ve flavonoid madde ve antioksidan aktivite etkisi araştırılan çalışmada ise çözen olarak su/etanol (v/v, 20/80) kullanılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı 606 mg GAE/100 g KM ve toplam flavonoid miktarı 149 mg KE/100 g KM olarak elde edilmiştir (Dehghani-Bidgoli vd., 2018). Başka bir çalışmada batı Himalaya'nın farklı bölgelerinde yetişen safranların toplam fenolik ve flavonoid madde miktar analizleri için su/metanol (v/v, 30/70) karışımı kullanılmıştır. Analizler 3 küme (her küme 2 farklı bölgede yetişen safran karışımı) halinde gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı üç küme için en yüksek 710 mg GAE/100 g KM ve en düşük 540 mg GAE/100 g KM saptanırken, toplam flavonoid madde miktarında en yüksek 550 mg KE/100 g KM ve en düşük 340 mg KE/100 g KM olarak bulunmuştur (Kothari vd., 2021). Yapılan başka bir çalışmada, araştırmacılar safran ve yalancı iğdenin (yer iğdesi) biyoaktif bileşenlerini enkapsüle ederek düşük glesimik fırın ürünlerinde kullanımını incelemişlerdir. Bu çalışmada safran ekstraktı için ultrason destekli su/metanol (v/v, 20/80) çözen karışımı kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarını incelediğimizde enkapsüle olmamış safran için toplam fenolik madde miktarı 570 mg GAE/100 g KM ve antioksidan aktivite serbest radikal süpürme yüzdesi 68.39 iken, enkapsüle olmuş safran için toplam fenolik madde miktarı 341 mg GAE/100 g KM ve antioksidan aktivite serbest radikal süpürme yüzdesi 61.30 olarak saptanmıştır (Gani vd., 2021).

Farklı çözenlerin safranın biyoaktif bileşen miktarına etkisi

Çizelge 3. Farklı çözen sistemlerinde ekstrakte edilmiş safranın toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içerikleri

Table 3. Total phenolic substance and total flavonoid contents of saffron extracted in different solvent systems

Çözgen Sistemleri* Solvent Systems*	Toplam Fenolik Madde mg GAE**/100 g KM*** Total Phenolic Content mg GAE**/100 g DM***	Toplam Flavonoid Madde mg KE****/100 g KM Total Flavonoid Content mg CE****/100 g DM
A/E	182.50±1.06 ^{c*****}	70.71±2.54 ^b
A/E		
A/S/M/E	1582.50±0.60 ^j	447.85±1.56 ^k
A/W/M/E		
A/M	497.50±0.83 ^f	339.28±1.52 ⁱ
A/M		
A/M/E	464.91±1.17 ^e	362.85±1.90 ^j
A/M/E		
A/S	1887.50±0.51 ^k	212.14±1.82 ^e
A/S		
A	40.00±2.10 ^a	0.00±0.00 ^a
A		
S	1230.00±0.71 ⁱ	206.80±2.29 ^d
W		
E	105.28±1.02 ^b	75.00±1.59 ^c
E		
M	1020.00±1.47 ^h	283.58±0.89 ^g
M		
S/E	860.00±1.79 ^g	273.57±1.03 ^f
W/E		
E/M	282.00±1.35 ^d	299.28±2.24 ^h
E/M		
S/E/M	2265.00±0.82 ^m	587.14±1.95 ^m
W/E/M		
S/M	2005.00±1.78 ^l	481.42±2.07 ^l
W/M		
En düşük Min	40.00	0.00
En yüksek Max	2265.00	587.14
Ortalama Mean	955.55	279.97

*Çalışmada kullanılan çözen sistemleri: A/E: Aseton+Etanol, A/S/M/E: Aseton+Su+Metanol+Etanol, A/M: Aseton+Metanol, A/M/E: Aseton+Metanol+Etanol, A/S: Aseton+Su, A: Aseton, S: Su, E: Etanol, M: Metanol, S/E: Su+Etanol, E/M: Etanol+Metanol, S/E/M: Su+Etanol+Metanol, S/M: Su+Metanol.

*Solvent systems used in the study: A/E: Acetone+Ethanol, A/W/M/E: Acetone+Water+Methanol+Ethanol, A/M: Acetone+Methanol, A/M/E: Acetone+Methanol+Ethanol, A/W: Acetone+Water, A: Acetone, W: Water, E: Ethanol, M: Methanol, W/E: Water+Ethanol, E/M: Ethanol+Methanol, W/E/M: Water+Ethanol+Methanol, W/M: Water+Methanol.

**GAE: Gallik Asit Eşdeğeri.

**GAE: Gallic Acid Equivalent.

*** KM: Kuru Madde

***DM: Dry Matter

**** KE: Kateşin Eşdeğeri.

****CE: Catechin Equivalent.

***** Her sütündeki farklı harfler; değerler arasında istatistiksel fark olduğunu belirtmektedir (P < 0.05).

***** Different letters in each column; indicates that there is a statistical difference between the values (P < 0.05).

Amin vd. (2011) yaptıkları çalışmada safranın toplam fenolik madde analizi için su/etanol (v/v, 20/80) karışımı ve saf su kullanmışlardır. Toplam fenolik madde miktarı su/etanol (v/v, 20/80) ekstraktında 67.62 mg GAE/100 g KM iken, saf su ekstraktında 64.25 mg GAE/100 g KM olarak saptanmıştır. Yapılan farklı bir çalışmada ise Lübnan'da yetiştirilen safranın toplam fenolik madde miktarı için saf su kullanılmıştır. Elde edilen toplam fenolik madde miktarı 1600 mg GAE/100 g KM olarak belirlenmiştir (Makhlouf vd., 2011).

Antioksidan Aktivite

Farklı çözümler ile ekstrakte edilmiş safran örneğinin antioksidan aktivite ve serbest radikal süpürme inhibisyon oranları (DPPH)(ABTS+) Çizelge 4'de verilmiştir. Analiz sonuçlarını incelediğimizde troluks eşdeğeri ve antioksidan inhibisyon yüzdesinde en yüksek miktar su/etanol/metanol (v/v/v, 30/30/40) kombinasyonu ile hazırlanan çözümler ekstraktında iken, en düşük miktar aseton ile ekstrakte edilen örneklerde saptanmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde, antioksidan aktivite bulgularımız Karimi vd. (2010) çalışma sonuçları ile kısmen bir paralellik gösterirken, Amini vd. (2011) tarafından yapılan çalışma ile paralellik göstermemektedir. Safran bitkisinin stigma, taç yaprağı, yaprak ve soğanının incelendiği çalışmada safran stigmasının %71 inhibisyon yüzdesi ile diğer organlara göre en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır (Zarrinkamar vd., 2017). Bir diğer çalışmada ise safran stigmasının antioksidan aktivite değeri (DPPH) 470 mg TE/100 g KM olarak saptanmıştır (Ghanbari vd., 2019). Ayrıca Dehghani-Bidgoli vd. (2018) yaptıkları çalışma sonucunda antioksidan aktivite inhibisyon yüzdesini, %92.01 olarak elde etmişlerdir.

Farklı bitkilerin incelendiği çalışmada safran, zerdeçal ve keklük baharatının antioksidan aktivite analizleri (DPPH, ABTS, ORAK) için ekstraksiyon aşamasında çözümler olarak metanol ve ultrasonik banyo yöntemi kullanılmıştır. Söz konusu üç örnekte de en düşük değerler safran örneğinde saptanmıştır (Ordoudi vd., 2009). Başka bir çalışmada ise safran baharatının alzheimer hastalığının sebeplerinden olan; insan beyninde toplanan, amiloid- β fibrillojenezi inhibe

etme özelliği ve antioksidan aktivite (TEAC) değeri domates ve havuç ile kıyaslanmıştır. Safran ekstraktı için su/metanol (v/v, 50/50) karışımı çözümler kullanılan bu çalışma sonucunda, safranın antioksidan aktivite etkisi havuç ve domatese kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Papandreou vd., 2006).

Okmen vd. (2021) yaptıkları çalışmada farklı baharat özütlerinin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerini araştırmışlardır. Bu çalışmada baharat ekstraktları için üç farklı çözümler (etanol, metanol ve su) kullanılmıştır. Safran baharatı için (DPPH) inhibisyon yüzdesi ve antioksidan aktivite troluks eşdeğerleri sırasıyla, etanol ekstraktı için %72.8 ve 404.66 mg TE/100 g KM, metanol ekstraktı için %82.8 ve 398.00 mg TE/100 g KM ve su ekstraktı için %44.1 ve 271.33 mg TE/100 g KM olarak saptanmıştır.

Katı-sıvı ekstraksiyonunun verimi birçok faktöre bağlıdır. Kullanılan çözümlerin türü ve kimyasal yapısı, çözümlenen maddenin bağ türleri ve sayısı, pH, katı-sıvı oranı ve sıcaklık gibi parametreler bu faktörlerdendir. Ekstraksiyonun verimliliği üzerine temelde üç faktörün etkili olduğu bildirilmektedir. Bu üç faktör çözünürlük, kütle transferi ve matris etkisidir. Doğru çözümler seçimi, hedef bileşiğin ayrışmasını etkileyen en önemli faktördür. Çünkü hedef bileşiğin çözünürlüğü, çözümler türüne bağlıdır. Hedeflenen bileşiğin polaritesi, çözümler seçimi için en önemli faktördür (Bosiljkov vd., 2017).

Safran'daki biyoaktif bileşenler genellikle karotenoid, fenolik ve flavonoid bileşiklerden oluşmaktadır. Safran'daki karotenoidler iki ana gruba (suda çözümlenen ve yağda çözümlenen) ayrılmaktadır (Atefi, 2006). Safranın en önemli bileşeni olan krosin suda çözümlenen bir karotenoiddir. Krosin güçlü bir antioksidandır (Gismondi vd., 2012). Bu doğrultuda safran ekstraksiyonunda kullanılan çözümler sistemlerinde suyun önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yapılan literatür incelemesinde fenolik ve flavonoid bileşiklerin ekstraksiyonunda genellikle metanol ve etanol kullanılmaktadır (Karimi vd., 2010; Amin vd., 2011; Makhlouf vd., 2011; Kothari vd., 2021; Gani vd., 2021).

Farklı çözümlerin safranın biyoaktif bileşen miktarına etkisi

Çizelge 4. Farklı çözümlerinde ekstrakte edilmiş safranın antioksidan aktivite ve radikal temizleme inhibisyon değerleri

Table 4. Antioxidant activity and radical scavenging inhibition values of saffron extracted in different solvent systems

Çözgen Sistemleri* Solvent Systems*	DPPH Radikali Süpürme (%) DPPH Radical Scavenging (%)	DPPH (mg TE**/100 g KM***) DPPH (mg TE**/100 g DM***)	ABTS+ Radikali Süpürme (%) ABTS+ Radical Scavenging (%)	ABTS+ (mg TE/100g KM) ABTS+ (mg TE/100 g DM)
A/E	7.99±1.06 ^{a****}	283.96±2.14 ^c	8.19±0.92 ^a	301.17±2.40 ^c
A/E				
A/S/M/E	18.99±1.30 ^e	674.91±1.90 ⁱ	21.04±2.06 ^f	713.59±2.94 ⁱ
A/W/M/E				
A/M	14.79±0.34 ^d	525.64±3.79 ^f	15.28±0.53 ^d	554.43±1.64 ^g
A/M				
A/M/E	15.30±1.26 ^d	543.76±1.65 ^g	17.70±1.21 ^e	591.73±1.88 ^h
A/M/E				
A/S	17.44±0.65 ^e	619.82±1.53 ^h	20.29±0.91 ^f	653.45±2.64 ⁱ
A/W				
A	6.67±0.54 ^a	237.05±3.30 ^a	6.81±0.80 ^a	251.23±2.20 ^a
A				
S	17.67±0.56 ^e	628.00±11.98 ⁱ	21.17±1.11 ^f	736.28±1.67 ^k
W				
E	6.54±0.56 ^a	232.43±4.04 ^a	7.10±0.61 ^a	267.54±2.84 ^b
E				
M	7.62±0.29 ^a	270.81±5.79 ^b	9.54±1.10 ^b	311.64±2.21 ^d
M				
S/E	12.70±0.65 ^c	451.36±1.90 ^e	14.46±1.31 ^d	494.67±2.61 ^f
W/E				
E/M	9.88±0.64 ^b	351.13±3.27 ^d	12.54±1.07 ^c	398.33±2.78 ^e
E/M				
S/E/M	32.34±4.30 ^f	1202.68±2.40 ^k	33.31±1.33 ^g	1383.74±1.77 ^l
W/E/M				
S/M	15.36±0.31 ^d	545.90±5.78 ^g	18.13±1.37 ^e	593.43±2.09 ^h
W/M				
En düşük Min	6.54	232.43	6.81	251.23
En yüksek Max	32.34	1202.68	33.31	1383.74
Ortalama Mean	14.09	505.18	15.81	557.78

*Çalışmada kullanılan çözümler sistemleri: A/E: Aseton+Etanol, A/S/M/E: Aseton+Su+Metanol+Etanol, A/M: Aseton+Metanol, A/M/E: Aseton+Metanol+Etanol, A/S: Aseton+Su, A: Aseton, S: Su, E: Etanol, M: Metanol, S/E: Su+Etanol, E/M: Etanol+Metanol, S/E/M: Su+Etanol+Metanol, S/M: Su+Metanol.

*Solvent systems used in the study: A/E: Acetone+Ethanol, A/W/M/E: Acetone+Water+Methanol+Ethanol, A/M: Acetone+Methanol, A/M/E: Acetone+Methanol+Ethanol, A/W: Acetone+Water, A: Acetone, W: Water, E: Ethanol, M: Methanol, W/E: Water+Ethanol, E/M: Ethanol+Methanol, W/E/M: Water+Ethanol+Methanol, W/M: Water+Methanol.

**TE: Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasite

**TE: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

*** KM: Kuru Madde

***DM: Dry Matter

**** Her sütündeki farklı harfler; değerler arasında istatistiksel fark olduğunu belirtmektedir (P < 0.05).

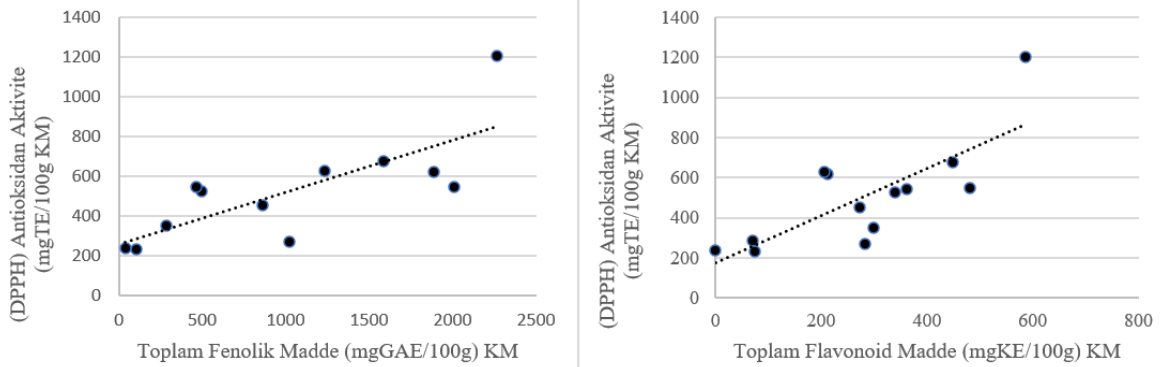
**** Different letters in each column; indicates that there is a statistical difference between the values (P < 0.05).

Safran'daki biyoaktif bileşenleri oluşturan karotenoid, fenolik ve flavonoid bileşiklerin ekstraktı için kombine bir çözgen sistemi kullanmak ekstrakt verimini yükseltecektir. Nitekim çalışmamızda toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite değerleri en yüksek su/etanol /metanol kombinasyonu ile hazırlanan ekstraktlarda saptanmıştır. Bu nedenle safrandaki biyoaktif bileşen ekstraksiyonunda tek çözgen yerine kombine bir çözgen sistemi kullanmak daha yüksek bir verim sağlayacaktır.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan safran örneklerinde toplam fenolik madde ve flavonoid

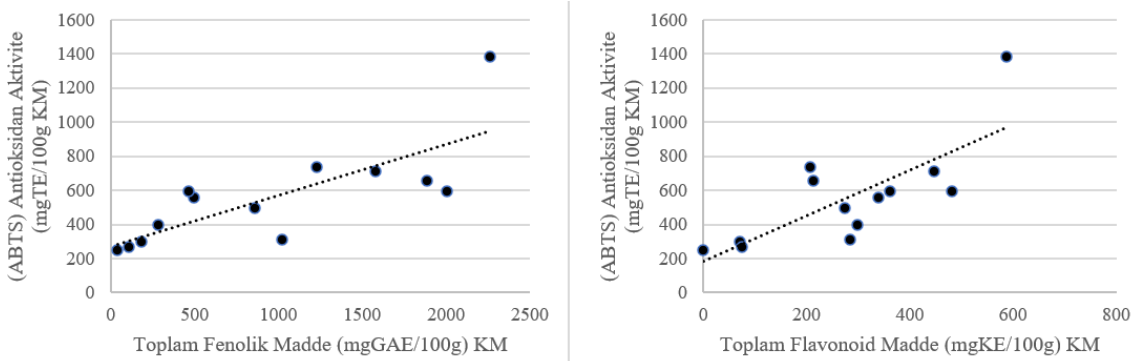
madde miktarları ile antioksidan aktivite arasında güçlü pozitif korelasyon ilişkisi saptanmıştır.

DPPH antioksidan aktivite sonuçları ile toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları arasındaki korelasyon katsayısı sırasıyla, $r=0.78$ ve $r=0.77$ olarak belirlenirken, ABTS⁺ antioksidan aktivite sonuçları ile toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları arasındaki korelasyon katsayısı sırasıyla $r=0.77$ ve $r=0.75$ olarak saptanmıştır (Şekil 2,3). Elde ettiğimiz toplam fenolik madde ve flavonoid madde miktarları ile antioksidan aktivite arasındaki güçlü pozitif korelasyon ilişkisi, Rahaiee vd. (2015) yaptıkları çalışma ile uyumluluk göstermektedir.



Şekil 2. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları ile (DPPH) antioksidan aktiviteleri arasındaki ilişki

Figure 2. The relationship between total phenolic and flavonoid content and (DPPH) antioxidant activity



Şekil 3. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları ile (ABTS⁺) antioksidan aktiviteleri arasındaki ilişki

Figure 3. The relationship between total phenolic and flavonoid content and (ABTS⁺) antioxidant activity

SONUÇ

Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar ışığında, safranın toplam biyoaktif bileşenlerinin ekstraktı için kombine çözgen sistemlerin daha etkili

olduğu belirlenmiştir. Nitekim bu sonuçlar doğrultusunda toplam fenolik, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite açısından su, etanol ve metanol kombinasyonu en etkin çözgen

sistemi olarak saptanmıştır. Böylelikle safrandaki bioaktif bileşenlerin ekstraktı için su/etanol/metanol kombine çözen sistemlerinin kullanımı önerilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makale ile ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Bu makalenin hazırlanmasında yazarların katkı payı şöyledir: Saeid Chobdar Rahim: %50 (deneme planının kurgulanması, analizlerin yapılması ve makalenin yazımı); Janan Hossein Zadeh: %20 (analizlerin yürütülmesi); Fikret Pazır: %15 (sonuçların değerlendirilmesi ve makale yazımı); Gülden Ova: %15 (sonuçların değerlendirilmesi ve makale yazımı).

KAYNAKLAR

Alan, T.W.E., Ming, Y.H., Eng, S.O. (2007). Evaluation of surfactant assisted pressurized liquid extraction for the determination of glycyrrhizin and ephedrine in medicinal plants. *Anal Chim Acta*, 583: 289–295, DOI: 10.1016/j.aca.2006.09.019.

Amin, A., Hamza, A.A., Bajbouj, K., Ashraf, S.S., Daoud, S., Ashraf, S.S., Daoud, S. (2011). Saffron: potential candidate for a novel anticancer drug against hepatocellular carcinoma. *Hepatology*, 54: 857-867, DOI: 10.1002/hep.24433.

Armellinia, R., Peinadoc, I., Pittiab, P., Scampicchio, M., Herediac, A., Andresc, A. 2018. Effect of saffron (*Crocus sativus* L.) enrichment on antioxidant and sensorial properties of wheat flour pasta. *Food chem*, 254, 55–63, DOI:org/10.1016/j.

Assimopoulou, A.N., Sinakos, Z., Papageorgiou, V.P. (2005). Radical scavenging activity of (*Crocus sativus* L.) extract and its bioactive constituents. *Phytother Res*, 19: 997–1000, DOI: 10.1002/ptr.1749.

Atefi, M.S. (2006). *Chemistry, quality control and processing of saffron*. Publications Mesopotamia Mashad :17-24, ISBN: 978-964-92029-2-1.,Sayı:2.

Benthin, B., Danz, H., Hamburger, M. (1999). Pressurized liquid extraction of medicinal plants.

J Chromatogr A, 837: 211–219, DOI: 10.1016/S0021-9673(99)00071-0.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss Technol*, 28: 25-30, DOI: S0023-6438(95)80008-5.

Bosiljkov, T., Dujmić, F., Cvjetko Bubalo, M., Hribar, J., Vidrih, R., Brnčić, M., Zlatic, E., Radojčić Redovniković, I. and Jokić, S. (2017). Natural deep eutectic solvents and ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins. *FBP*, 102, 195-203.

Chatterjee, S., Poduval, TB., Tilak, J.C., Devasagayam, T.P.A. (2005). A modified, economic, sensitive method for measuring total antioxidant capacities of human plasma and natural compounds using Indian saffron (*Crocus sativus* L.). *Clin Chim Acta*, 352: 155–163, DOI: 10.1016/j.cccn.

Dehghani-Bidgoli, R., Salari, A., Bashiri, M. (2018). The effect of various irrigation regimes on phenolic compounds and antioxidant activity of saffron (*Crocus sativus* L.) stigma extract. *Journal of saffron research* 7 (1) :109-122, DOI: 10.22077/JSR.2018.1006.1042.

Gani, A., Jan, R., Ashwar, B.A., Ashraf, Z., Shah, A., Gani, A. (2021). Encapsulation of saffron (*Crocus sativus* L.) and sea buckthorn bioactives: Its utilization for development of low glycemic baked product for growing diabetic population of the World. *LWT- Food SCI Technol*, 142,111035, DOI:10.1016/j.lwt. 2021.111035.

Ghanbari, J., Khajoei-Nejad, G., van Ruth, S.M., Aghighi, S., (2019). The possibility for improvement of flowering, corm properties, bioactive compounds, and antioxidant activity in saffron (*Crocus sativus* L.) by different nutritional regimes. *Ind Crops Prod*. Volume: 135 Pages: 301-310., DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.04.064.

Gismondi, A., Serio, M., Canuti, L., Canini, A. (2012). Biochemical, antioxidant and antineoplastic properties of italian saffron (*Crocus sativus* L.). *Am. J. Plant Sci.*, 11: 1573-1580. DOI: 10.4236/ajps.2012.311190.

Görünmezoglu, Ö. (2008). Kayısı ve incir meyvelerinin antioksidan kapasitelerinin

- araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, Türkiye. Sayfa:1.
- Jia, Z., Tang, M.C., Wu, J.M. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chem* 64(4): 555-559, DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00102-2.
- Karimi, E., Oskoueian, E., Hendra, R., Hawa, Z., Jaafar, E. (2010). Evaluation of (*Crocus sativus* L.) stigma phenolic and flavonoid compounds and its antioxidant activity. *Molecules* 15: 6244-6256, DOI:10.3390/molecules15096244.
- Makhlouf, H., Saksouk, M., Habib, J., Chahine, R. (2011). Determination of antioxidant activity of saffron taken from the flower of (*Crocus sativus* L.) grown in Lebanon. *Afr. J. Biotechnol*, 10(41): 8093-8100, DOI: 10.5897/AJB11.406.
- Kothari, D., Thakur, M., Joshi, R., Kumar, A., Kumar, R. (2021). Agro-Climatic Suitability Evaluation for Saffron (*Crocus sativus* L.) Production in Areas of Western Himalaya. *Front. Plant Sci.* 12-657819, DOI: 10.3389/fpls.2021.657819.
- Okmen, G., Arslan, k., Tekin, R., Camur, I., Gorda, S. (2021). Antimicrobial and antioksidant activities of different spice extracts. *EJOSAT*. Special Issue, pp. 421-429, DOI: 10.31590/ejosat.848958.
- Ordoudi, S.A., Befani, C.D., Nenadis, N., Koliakos, G.G., Tsimidou, M.Z. (2009). Further examination of antiradical properties of (*Crocus sativus* L.) stigmas extract rich in crocins. *J. Agric. Food Chem* 57: 3080-3086, DOI: 10.1021/jf804041g.
- Papandreou, M.A., Kanakis, C.D., Polissiou, M.G., Efthimiopoulos, S., Cordopatis, P., Margaritis, M., Lamari, F.N. (2006). Inhibitory activity on amyloid- β aggregation and antioxidant properties of (*Crocus sativus* L.) stigmas extract and its crocin constituents. *J. Agric. Food Chem*, 54 (23): 8762-8768, DOI: 10.1021/jf061932a.
- Rahaiee, S., Moini, S., Hashemi, M., Shojaosadati, S.A. (2015). Evaluation of antioxidant activities of bioactive compounds and various extracts obtained from saffron (*Crocus sativus* L.): a review. *Int J Food Sci Technol* (MYSORE) 52(4): 1881-1888, DOI: 10.1007/s13197-013-1238-x.
- 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 Radic Biol Med* 26(9- 10): 1231-1237, DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
- Rikabad, M.M., Pourakbar, L., Moghaddam, S.S., Popovic-Djordjevic, J. (2019). Agrobiological, chemical and antioxidant properties of saffron (*Crocus sativus* L.) exposed to TiO₂ nanoparticles and ultraviolet-B stress. *Ind Crops Prod* 137: 137-143, DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.108201.
- Sánchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci Technol Int* 8(3):121-137, DOI: org / 10.1106 / 108201302026770.
- Singleton, V.L., Rossi, J. A. J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16: 144-158, DOI: org/10.12691/ijebb-2-1-5.
- TSE ISO/TS 3632-1/2, (2011); Baharat-Safran (*Crocus Sativus Linnaeus*) - Bölüm 1: Özellikler, Safran (*Crocus Sativus Linnaeus*)- Bölüm 2: Deney Yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Valizadeh, R. (1988). Use of saffron (*Crocus sativus* L.)leaves as animal feed. Annual report. *Scientific and Industrial Research Organization of Khorasan*, Mashhad, Iran. (Technical report).
- Xu, B.J., Chang, S.K.C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvent. *J Food Sci* 72 (2): S159-S166, DOI: 10.1111/j.1750-3841.2006.00260.x.
- Zarinkamar, F., Tajik, S., Niknam, V. (2017). Evaluation of antioxidant activity and phenolic content from saffron (*Crocus sativus* L.) organs (*Crocus sativus* L.). *Iran J Biotechnol* 8 (2): 160-170, biot.modares.ac.ir/article-22-119-fa.html.

PRODUCTION OF QUINCE JAM WITH *GINKGO BILOBA* EXTRACT AS A PECTIN SUBSTITUTE: EFFECTS ON PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, RHEOLOGICAL AND SENSORY QUALITIES

Ahsen Rayman Ergün^{1*}, Yeliz Tekgül²

¹Ege University, Engineering Faculty, Food Engineering Department, Bornova, İzmir, Turkey.

²Aydın Adnan Menderes University, Köşk Vocational School, Food Processing Department, Köşk, Aydın, Turkey.

Received / Geliş: 03.06.2021; Accepted / Kabul: 30.09.2021; Published online / Online baskı: 06.10.2021

Rayman-Ergün, A., Tekgül, Y. (2021). Production of quince jam with *Ginkgo biloba* extract as a pectin substitute: effects on physicochemical, rheological and sensory qualities. *GIDA* (2021) 46 (5) 1301-1312 doi: 10.15237/gida.GD21095.

Rayman-Ergün, A., Tekgül, Y. (2021). Pektin ikamesi olarak *Ginkgo biloba* özünü ile ayva reçeli üretimi: fizikokimyasal, reolojik ve duyu kalite üzerine etkileri. *GIDA* (2021) 46 (5) 1301-1312 doi: 10.15237/gida.GD21095

ABSTRACT

In this study *Ginkgo biloba* leaf extract which is rich in phytochemical metabolites was used as a pectin substitute in quince jam. The extraction process was performed ultrasonically at 70°C with ethanol that gives the highest flavonoid content. The jam was produced with pectin in the traditional procedure and pectin-free jams were made using two different weight concentrations (0.05% and 0.1%) of *Ginkgo biloba* extract and compared to the pectin group. Shear stress value decreased when *Ginkgo biloba* was used as a pectin substitute so the jam becomes softer. Phenolic content 170.09 (mg/g GAE), and antioxidant activity (1.80 mM Trolox/100g) was found highest in the 0.1 g extract group. Lightness and yellowness increased with *Ginkgo biloba* compared to the pectin group. The jam sample with 0.1 g extract was preferred in sensory tests.

Keywords: *Ginkgo biloba*, ultrasonic extraction, quince jam, antioxidant, rheological behaviour

PEKTİN İKAMESİ OLARAK GINKGO BILOBA ÖZÜ İLE AYVA REÇELİ ÜRETİMİ: FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK, REOLOJİK VE DUYUSAL KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada ayva reçelinde pektine ikame olarak fitokimyasallar açısından zengin olan *Ginkgo biloba* yaprağı ekstraktı kullanılmıştır. 70 °C'de etanol ile ultrasonik ekstraksiyon sonucu en yüksek flavonoid içeriğine ulaşılmış ve ekstraksiyon işlemi bu parametrede gerçekleştirilmiştir. Reçel geleneksel yöntemle pektin ile üretilmiş ve *Ginkgo biloba* ekstraktının iki farklı konsantrasyonunda (%0.05 ve %0.1) pektinsiz üretilen reçel grubu geleneksel üretim grubu ile karşılaştırılmıştır. Pektine ikame olarak *Ginkgo biloba* kullanıldığında reçelin kayma gerilimi değeri azalmış ve reçel daha yumuşak olmuştur. Fenolik madde içeriği 170.09 (mg/g GAE) ve antioksidan aktivite (1.80 mM Trolox/100g) 0.1 g ekstrakt grubunda en yüksek bulunmuştur. Pektin grubuna kıyasla *Ginkgo biloba* ile parlaklık ve sarılık değerlerinde artış saptanmıştır. Duyusal testlerde 0.1 g ekstrakt içeren reçel örneği tercih edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Ginkgo biloba*, ultrasonik ekstraksiyon, ayva reçeli, antioksidan, reolojik davranış

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: ahsenrayman@hotmail.com

☎: (+90) 232 311 3042

☎: (+90) 232 311 4831

Ahsen Rayman Ergün; ORCID no; 0000-0003-0943-1950

Yeliz Tekgül; ORCID no; 0000-0001-8173-023X

INTRODUCTION

Quince, (*Cydonia oblonga* Mill.) which belongs to the Rosaceae family, is a subtropical fruit grown in Europe and Mediterranean countries. Turkey is the country with the highest production rate of quince (189.251 tonnes) (TÜİK, 2020). Because of its hardness and sourness, it is not consumable when raw. Most of the harvested quince fruits are processed into jam, marmalade, liquor, jelly, and candy (Wojdylo et al. 2013).

Jam production is a traditional food preservation method. Home-made jam is prepared by evaporating fruit puree with sugar. Acid, pectin, and other ingredients (coloring, flavouring, preservatives) can be used in the commercial jam (Baker et al. 2005). According to the Codex standards, total soluble solids of jams should be at least 60% (Anon 1981). High sugar content, low water activity, increasing acidity cause the shelf life of the jam to be extended (Garrido et al. 2015). Despite osmotic dehydration, some types of bacteria, mold, and yeast can survive in jams (Pascual & Calderon, 2000). In order to prevent microbial activity, several researchers recommend the use of some plant extracts in jam. The addition of pomegranate, lemon, rosemary, and aloe vera extracts in jams increases the stability of the product during storage (Gómez et al. 2013, Kim 2005).

In the industrial manufacture of jam, adding approximately 0-10 g/kg commercial pectin may be needed to provide constant gel strength (Vibhakara and Bawa 2006). Pectin is a heteropolysaccharide that is extracted from the plants' cell walls (Suliman et al. 2013).

Citrus peels and apple pomace are mainly used as commercial pectin sources. There are also studies on the gelling characteristics of some fruit and vegetable powders (baobab, mango, ambarella, peach, pomegranate, sapodilla) that can be used as a substitute for commercial pectin in jam production (Koubala et al. 2012, Ndabikunze et al. 2011, Siddiqui et al. 2015).

Additionally, *Ginkgo biloba* (GB) contains many polysaccharides such as mannose, rhamnose,

glucuronic acid, galacturonic acid, galactosamine, glucose, galactose, xylose, arabinose, and fucose similar to a standard monosaccharide content (mannose, glucosamine, ribose, rhamnose, glucuronic acid, galacturonic acid, galactosamine, glucose, galactose, xylose, arabinose, and fucose) (Chen et al., 2012; Fang et al., 2020). Owing to these contents it has the ability of gel making property.

Ginkgo biloba is a type of tree used in medicine (Chan et al. 2007). Clinical studies reveal that it is effective in the treatment of diseases such as cancer, diabetes, dementia, thrombosis, Alzheimer's, ischemic heart disease, hypertension (Birks et al. 2009, Vellas et al. 2012, Biggs et al. 2010, Brinkley et al. 2010, Kuller et al. 2010). It is consumed as a dietary supplement as it contains different phytochemical metabolites such as terpenoids, steroids, flavonoids, glycosides, alkaloids, and lignans (Mei et al. 2017, Su et al. 2009). *Ginkgo biloba* leaf polysaccharide has also been used as the reducing and stabilizing agent and also used in preparing candy and beverages (Fang et al., 2020). In addition, it is reported that *Ginkgo biloba* leaf extract shows antimicrobial activity against various pathogens because of its chemical structure (Yuan et al. 2019). There are several studies about quince jam quality (Ferreira et al. 2004, Silva et al. 2002). On the other hand, *Ginkgo biloba* food supplement has been studied, as well (Cziple et al. 2018, Fransen et al. 2010). However, to our knowledge, using *Ginkgo biloba* in jams has not been researched yet. The aim of this study was to research the effect of the addition of two different concentrations of *Ginkgo biloba* extract in quince jam, on the physicochemical (soluble solid content, pH, acidity, color, total phenolic and antioxidant content), microbiological (osmophilic mold and yeast count), rheological and sensory properties (color, texture, odor, flavor, and general appeal).

METHODS

Jam materials

Fresh quince (*Cydonia oblonga* Mill.) samples were purchased from a market in Aydın (Turkey). Dried *Ginkgo biloba* leaves were obtained from

Arpaş Arifoğlu Food Ind. (Istanbul, Turkey) and stored at 20 °C until extraction procedures.

Chemicals

Folin-Ciocalteu reagent and gallic acid were purchased from Merck Co. (Darmstadt, Germany). Citrus peel pectin (74% degree of esterification), Trolox, were obtained from Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo, USA). All other reagents were at analytical grade.

Extraction procedure

Ginkgo biloba leaves were ground in a laboratory-type grinder (Sinbo-SCM 2934, Turkey). Three different solvents (75% ethanol, 75% methanol and ultrapure water), and two different extraction parameters (15 and 30 min) were tested for the total amount of phenolic and flavonoid contents.

1 g sample was put in a flask and filled with extraction solvent (75% ethanol) to 50 mL. The extraction process was performed at 30 °C for 30 min with an ultrasonic device (Sonorex Super RK-106, 35 kHz, 480 W, Germany). After the ultrasonic extraction, the slurry was transferred to falcon tubes and centrifuged at 4500 rpm for 15 min with a centrifuge (Hettich EBA 21, Germany). The centrifuged samples were filtered. All extracts were stored at 4 °C (Akbulut et al., 2021).

Jam production

Quince jams were prepared according to the extra-traditional procedure taking into the limits in the Turkish Food Codex (Anon, 2010). The raw quinces were washed, peeled, and sliced. Fruits were boiled in hot water (4:1, weight: weight w/w) at 100 °C for 5 min. 250 g of boiled fruit and 305.5 g of sugar were used to prepare quince jam. The boiled fruit and sugar were boiled in an open vessel. A pectin-free group was prepared as a control. The production of pectin-free jams was done using two different concentrations (0.05% and 0.1%) of *Ginkgo biloba* extract and also a group was produced with commercial pectin (0.8%). Citric acid solution (10%; w/v) was used to adjust the pH value to approximately 3 for all groups. The boiling was continued until the total soluble solids value

reached 68 °Bx. A digital refractometer (MA871, Hanna Instruments Ltd, UK) was used to determine total soluble solids. Hot quince jam samples were poured into sterilized jars and kept in the refrigerator until analysis.

Methods of analysis

pH measurement

A digital pH meter (inoLab 7110, WTW, Germany) was used to measure the pH values of quince jams.

Titrateable acidity analysis

Quince jam samples were homogenized using a blender (Waring 8010S/G, Malaysia). 10 g sample was diluted with 100 ml distilled water then filtered. The filtrate (20 ml) was titrated with 0.1 N NaOH (Cemeröglu, 2010). Results were expressed as citric acid % (w/g) according to the following equation (1).

$$\text{Total titrable acidity (\%)} = \frac{V * F * E * 100}{m} \quad (1)$$

V: volume of the consumption

F: factor of the NaOH

m: the amount of the sample (g)

E: the amount of equivalent acid

Color analysis

The color values of quince jams were obtained using a chromameter (CR-10, Konica Minolta, Japan). The device has been calibrated according to the standard white line ($Y=93.9$, $x=0.313$, $y=0.321$), L^* (bright), a^* (red-green), and b^* (blue-yellow) values were measured (Zor and Şengül, 2020).

Antioxidant activity analysis

In order to determine the antioxidant activity and total phenolic content, the first samples were extracted. For this reason, 25 mL of methanol:water (50:50 v/v) was added to the samples weighed 5 g in centrifuge tubes. After the treatment of 10 minutes in an ultrasonic water bath (Everest Ultrasonic, Turkey). After centrifugation for 20 minutes at 8500 rpm and 4 °C in a centrifuge (Hettich Universal 320, Germany). The supernatant on the centrifuge tubes was collected and stored in glass bottles until analysis at 20°C (Şengül et al., 2018).

The total antioxidant activity of jams was measured by the 2,2-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) assay (Re et al. 1999). ABTS + radical cation reduction capacities were expressed as % inhibition. The antioxidant capacity of samples was measured according to a calibration curve that was formed using Trolox at 734 nm. Results were expressed as mM Trolox/100g.

Total phenolic compound analysis

The same extraction procedure was made before the analysis mentioned previously in the antioxidant activity analysis part. Total phenolic compound concentration was measured as stated in Singleton and Rossi (1965) using Folin & Ciocalteu reagent. The absorbance was measured at 760 nm. Various concentrations of gallic acid solution were used to plot a calibration curve. Results were expressed as mg/100g gallic acid equivalent (GAE).

Microbiological analysis

Jam samples were stored 15 days at two different temperatures (4 ± 2 °C and 20 ± 2 °C) for following the microbiological growing (Randazzo et al., 2013; Rababah et al., 2014; Zor and Şengül, 2020). It was determined in previous researches that no longer growth was seen after 15 days. For microbiological analysis, 10 g samples were homogenized with a stomacher for 1 min after the addition of 90-ml diluent. Malt Extract Agar (MEA, Merck, pH 5.4–5.8) containing 40% sucrose was used to determine osmophilic mold and yeast counts. After the inoculation of plates using the pour plate technique, they were incubated at 25 °C for 3–5 days. At the end of the incubation period, mold and yeast colonies were counted (Pitt and Hocking, 2009).

Rheological analysis

The rheological measurements of quince jam samples were performed using a controlled-viscometer (Brookfield LVDV-II, USA) with a spindle (S-25 and 31) and its rotational speed of 0.0–200 rpm and between 0 and 100% full-scale torques. During the rheological measurement, shear stress (SS), shear rate (SR), viscosity (cP), and % torque (T) values were recorded for each

rotational speed (rpm). The experiments were carried out in duplicate.

Measuring sensory attributes

The sensory test was performed with semi-trained 9 panelists. All samples were given at room temperature with coded in three-digit numbers randomly. The panelists scored the samples with a hedonic rating scale from 1 to 5 (1=like very much 2=like 3=like moderately 4=dislike 5=dislike very much) indicating increasing general appeal level in the 0.05 significance scale (Altuğ and Elmacı, 2011).

Statistical analysis

Statistical evaluation of data was performed with the software SPSS (version 20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Duncan's multiple comparison test was used to determine the difference between means. The production was made in two replicates and all of the analyses were replicated 3 times.

RESULTS

Determination of the extraction parameters

Three different solvents (75% ethanol, 75% methanol, and ultrapure water) and two different extraction parameters (15 and 30 min) were tested for the total amount of phenolic and flavonoid contents. The results were given in Table 1. The highest phenolic content was found in methanol extraction. But the flavonoid extraction was highest with 75% ethanol. Ethanol which is also more suitable for human health (Karahan, 2017), was selected for ultrasound extraction. 30 min extraction process was completed optimally with ethanol.

Evaluation of physical and chemical quality

Soluble solid content, antioxidant activity, phenolic contents, acidity, pH, and color values were measured and compared within groups after production (Table 2). Soluble solid contents were the same for all sample groups and suitable for the TS 4188 the standard of quince jam as 68% (Anon, 2010). The production was made until the same °Brix value.

Table 1. Total flavonoid and phenolic contents after extraction pretreatments.

	Extraction time (min.)	Total phenolic content (Mg GAE/L)	Total flavonoid content (Mg QE/L)
%75 Ethanol	15	545.36 ^{b,e}	688.98 ^{a,g}
%75 Ethanol	30	571.06 ^{2,d}	756.78 ^{1,f}
%75 Methanol	15	585.99 ^{a,e}	530.09 ^{b,g}
%75 Methanol	30	611.90 ^{1,d}	574.57 ^{2,f}
Ultra Pure Water	15	434.24 ^{c,d}	318.22 ^{c,g}
Ultra Pure Water	30	433.42 ^{3,e}	373.31 ^{3,f}

^{a-c} symbolized the difference within the columns at different solvents for 15 min extraction time ($p < .05$).

^{d-e} symbolized the difference within the columns at different times for total phenolic content ($p < .05$).

^{f-g} symbolized the difference within the columns at different times for total flavonoid content ($p < .05$).

¹⁻³ symbolized the difference within the columns at different solvents for 30 min extraction time ($p < .05$).

GAE is referring to the Gallic acid equivalent.

QE is referring to Quercetin equivalent.

The acidity values were given in Table 2 and were significantly differ between each group ($P < 0.05$). In this study, acidity values were increased when GB extract was used. Similar to this study, in jam processing, the effect of heat decreased pH values and increased acidity (Bekele et al., 2020; Rababah et al., 2012). This can be explained by the hydrolysis of the GB extract due to heat. Nakanishi (2005) reported that ginkgolides and bilobalides were the major constituents of GB extract. Ginkgolides were biosynthesized through the glyceraldehyde-pyruvate pathway. Ginkgolides were bitter taste and also volatile.

pH values were found as 3.05, 3.3, 3.12, and 3.21 respectively for the groups of control, pectin, 0.05 g, and 0.1 g GB. In jam production pH value is needed to be between the 3.0-3.5 values for a targeted gel occurrence (Kılıç et al. 1987). Additionally, the TS 4188 standard of quince jam (Anon, 2010) prescribed that it should have a pH value of 2.8-3.6. pH and acidity values were found in previous researches as 3.13, 0.36% (Zor and Şengül, 2020) and as 3.32-3.48, 0.21-0.39 g/100 ml (Yılmaz, 2007), respectively. These values were in agreement with the standard and also with our study. Total acids as citric (%) were found as 0.30-0.41. It was reported by Roy et al. (2018), the pH values of jams ranged between 2.62 to 3.34. pH

was also effective on the color of the jam as mentioned in a study as the pH values were lower, the color values became higher and the color of the jam was pinker (Kuwada et al., 2013).

In this study, color values such as brightness were increased in the GB groups compared to the pectin group ($P \leq 0.05$) parallel with the increase in the concentration of the GB extract. Redness decreased whereas yellowness (b^*) increased. But there were no significant differences between the yellowness of control, pectin, and 0.05 GB group ($P < 0.05$). This could be due to the original color of the extract and during the heating process, the extract did not cause the browning and/or deterioration in the appearance of the jam. When the literature examined for quince jam it was seen that Zor and Şengül (2020) determined the L^* , a^* , and b^* values as 35.91, 8.20 and 12.35 respectively for the quince jam. Wojdyło et al. (2013) detected the color values of the jams prepared from quince fruits as $L^*=50.7$, $a^*=0.1$, and b^* as 18.2. They stated that the color values L^* , a^* , and b^* were differed in mixed jam samples. They found no significant difference between the lightness of quince jam and jam with flowering quince. There are lots of studies about fortifying the jam with dietary fibres such as Igual et al. (2014), studied with the bamboo fibre and this makes the color

of osmotic dehydration of grapefruit jams similar to the fresh ones. In agreement with this idea, Falcão et al. (2009) emphasized that the consumer preference changed with the color of food products and temperature changes and caused losses in this critical factor. The pectin was used in the traditional jam process for providing gel but needs high temperatures for gel-forming. So the color loss was seen at high temperatures.

They also explained these differences in the luminosity with the cooking and concentration. Maillard reactions and caramelization of sugars result in a dark product at long times and high

temperatures. Differently, Roy et al. (2017) studied with pectin from pomelo peel in carrot jam found that color loss was lower in jam prepared with pomelo pectin than that made with commercial pectin, and the concentration of pectin was inversely changed with the color. They also associated this consequence with the variation in phenolics. Antioxidant activities were increased by the *Ginkgo biloba* extract significantly ($P > 0.05$) and found at most in the sample of 0.1 GB as 1.80 (mM Trolox/100g). This plant is known for its rich antimicrobial and antioxidant property.

Table 2. Quality characteristics of jams with different gelling agents

Quality parameters	Sample groups			
	Control	Pectin	0.05 GB	0.1 GB
pH	3.50±0.15 ^a	3.30±0.02 ^a	3.12±0.01 ^a	3.21±0.00 ^b
Acidity (%)	0.39±0.80 ^a	0.41±0.04 ^a	0.46±0.02 ^a	0.57±0.02 ^b
<i>L</i> *	48.00±0.46 ^a	48.21±0.20 ^a	49.53±0.12 ^b	54.68±0.08 ^c
<i>a</i> *	4.12±0.17 ^a	4.07±0.09 ^a	1.88±0.15 ^b	3.79±0.05 ^c
<i>b</i> *	27.03±0.93 ^a	27.47±0.56 ^a	28.61±0.77 ^a	30.12±0.10 ^b
Antioxidant Activity (mM Trolox/100g)	0.49±0.50 ^a	0.47±0.00 ^a	0.85±0.01 ^b	1.80±0.01 ^c
Total Phenolic Compounds (mg/kg db ⁻¹ GAE)	166.30±3.12 ^a	173.00±2.09 ^a	497.02±7.90 ^b	870.09±3.16 ^c

^{a-c} Means within each line followed by a different letter are significantly different ($P < 0.05$)

GAE: Gallic acid equivalent, GB: Ginkgo biloba

The antioxidant activity of sample groups with GB also increases in parallel with the increasing concentration of the extract as expected. Similarly, Maltaş (2011) reported that *Ginkgo biloba* is a good source for phenolics and hence for antioxidant compounds. Phenolic compounds were found as 166.3, 173, 497.02, and 870.09 mg/kg db⁻¹ GAE respectively for the jam samples produced as control, pectin, 0.05 GB, and 0.1 GB groups. There was a statistical significance between the phenolic contents of GB and control groups ($P \leq 0.05$). The increase was approximately 7 times between the pectin group and 0.05GB group. It is worth mentioning that this result is very important for the consumer's health. Phenolics have an important role in antioxidants which reduces the risk of many diseases by

reducing oxidative stress (Slinkard and Singleton, 1977). It was previously stated that the total polyphenolic compounds in quince jam were 484.5 mg/100g. They indicated that the phenolic compounds in this sample contain flavan-3-ols mostly (77.3% of total phenolic compounds), then proanthocyanidins with the ratio of 63.4%, and at least (11% and 7.8% of total phenolic compounds) hydroxycinnamic acids, especially neo chlorogenic and chlorogenic acid, respectively (Wojdylo et al., 2013). In jams prepared by Silva et al. (2004a), the content of phenolic compounds was found as 134.1mg/100g and 357.1mg/100g the jams were made from peeled and unpeeled quince fruits respectively. The traditional type of jams has ascorbic acid content as % 3.88 whereas the ascorbic acid

content was found %2.16 in the industrial type of jams.

Evaluating steady-state and time-dependent rheology

Viscoelastic properties of the products are crucial for conceiving their behavior during the process, storage and, consumption (Augusto et al., 2013). The consistency of jellies, marmalades, and jams had significance in the consumption. In this study, the effect of the addition of *Ginkgo biloba* to quince jam on rheological behavior was investigated. Rheological properties were evaluated and the experimental shear stress versus shear rate rheograms was determined in Figure 1. The shear rate was varied between 3.4 to 68 s⁻¹. It was found that the samples showed nearer to Newtonian fluid (shear thinning) behavior whereas the pectin sample showed a pseudoplastic behaviour. The shear stress of the jams increased as the shear rate increased. Tiwari et al. (2016), informed in their study in detail how to decide the rheological behaviour of the food. The classification was made due to the flow curve (shear stress τ /s shear rate). If it is linear and passes through the origin is said to be Newtonian. When the flow curve either does not pass through origin or is non-linear, the material is said to be Non-Newtonian. Basu and Shviare (2013) stated that when the shear rate increases, apparent viscosity decreased confirming the non-Newtonian behavior of jam samples. Álvarez et al. (2006), studied different jams such as strawberry, raspberry, prunes, peach, and apricot and found non-newtonian pseudoplastic behaviour. Additionally, apparent viscosity and shear rate were evaluated. It was found that the apparent viscosity decreased as the rate of shear increased in Figure 1. The apparent viscosity of the jams increased with the increase of extract concentration ($P < 0.05$). Moreover, viscosities were decreased from pectin to 0.05 GB sample with the increase in pH values. Falcão et al. (2009), performed the apparent viscosity values as a function of increasing shear rate for the different jams. They decided that the jams were non-Newtonian fluids and showed pseudoplastic rheology, they indicated that an important

characteristic of the apparent viscosity/shear rate ratio is the occurrence of hysteresis. Tiwari et al. (2016) observed that the curve was close to each other and the loop area was small enough to neglect the thixotropy and they found the jackfruit jam as viscoplastic. Furthermore, Kayacier and Dogan (2006) increase in the shear rate decreases the apparent viscosity.

These results were confirmed with Basu and Shivhare (2013), produced mango jam and detected a decrease in apparent viscosity with increasing shear rate demonstrated the non-Newtonian behavior. Barbieri et al. (2018) also explained the situation why the shear stress rheogram begins far from the initial point of the shear stress/shear rate plot and is concaved downwards. This was because of yield stress during the flow of a material which provides a cross linked structure or other interactive structure that should be corrupted before the flow begin with the convenient rate (Canet et al., 2005, Sun and Gunasekaran, 2009).

Shear stress versus time for the groups was given in Figure 1. They also mentioned that shear stress decreased depending on time (Basu and Shivhare, 2013). Similarly, Sabancı et al. (2016), showed that the time, temperature, and shear rate affected the rheological properties of koumiss. Falcao et al. (2009), studied with the jam model system and they observed that when the temperature increased, the consistency also increased. In addition, linear viscoelastic properties and viscosities increased with pectin concentration (Díaz-Ocampo et al., 2014).

Evaluation of microbiological quality

Jam samples were stored 15 days at two different temperatures (4 ± 2 °C and 20 ± 2 °C) for following the microbiological growing (Randazzo et al., 2013; Rababah et al., 2014). It was determined in previous researches that no longer growth was seen after 15 days. At the beginning of the storage (zero-day) and the end of 15 days, osmophilic mold and yeast counts were below the detection limit of < 1.0 log CFU/g of the samples.

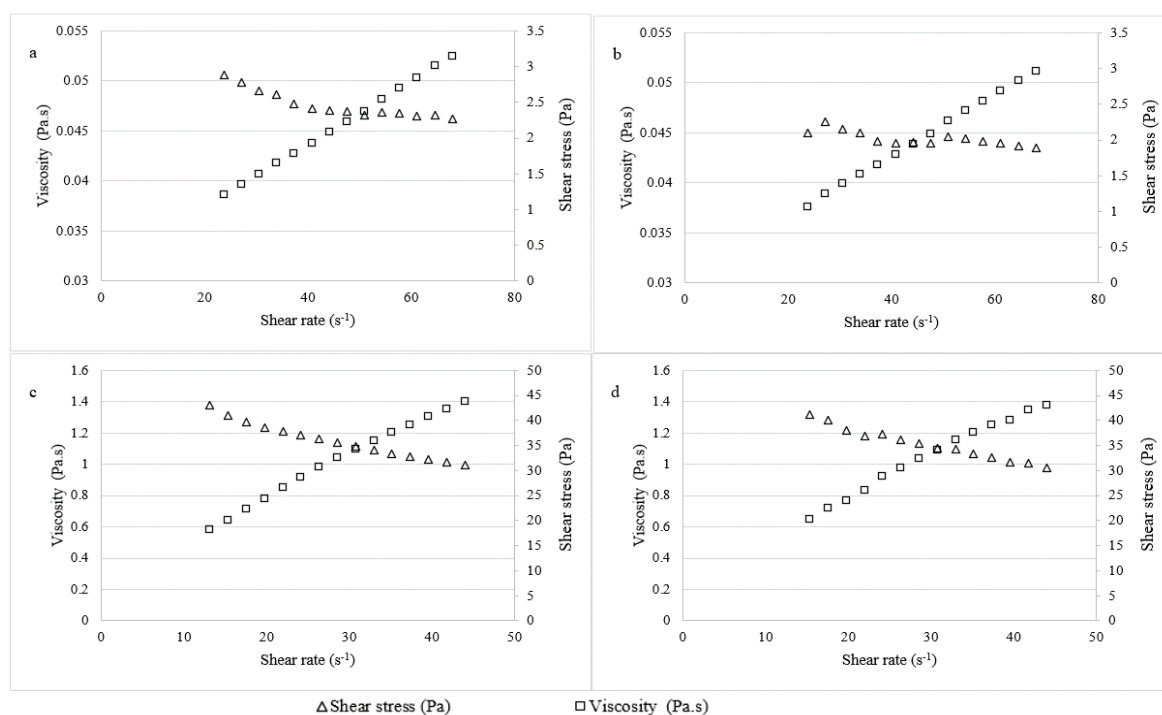


Figure 1. Rheograms of quince jam groups as 0.1GB, 0.05 GB, control, and pectin.

* Graphs a, b, c, and d show the rheograms of quince jam groups as 0.1GB, 0.05 GB, control and pectin respectively.

Likewise, the microbial load in stored jackfruit jam was evaluated by Tiwari et al. (2016) found that samples were stable on storage and no colonies were detected at the end of 16 months at 7°C. It was already denoted that the low pH and high sugar content are critical for the quality during storage, inhibition of the growth of molds and yeasts and assure satisfactory setting of the marmalade such as the marmalade produced by fluted pumpkin fruit was found stable with no mold count at 52–56°C (Egbekun et al., 1998). Ferreira et al., (2004) supported this situation by presenting a total number of yeast and mould in quince jam higher than 10 CFU/g due to a lower Brix value lower than 63%.

Evaluation of sensory quality

Quince jams were tested for color, texture, odor, flavor, and general appeal 1 to 5 via to liking level. Figure 2 shows the average scores for the jam samples. 0.1 GB extract sample was liked mostly by the panelists in terms of the color, texture, flavor, and general appeal properties. An only control sample was preferred regarding the

general appeal. This demonstrated that panelists can consume easily this new product. The kinds and amount of constituents change the food texture and the consumers can easily notice these differences when tasting with a mouthfull. In previous researches, a hedonic test was conducted generally to jam samples and it was reported that panelists give importance to color firstly rather than other attributes such as Garrido et al. (2015) who studied with apple jelly stated that consumers give attention to taste and color rather than textural properties.

They scored between 3.6-6.2 in the 9 scales hedonic test. In another study, Basu and Shivhare (2013) investigated the properties of mango jam. They obtained that increased pectin concentration and acidity caused hardness and these groups were not preferred. They made a hedonic test similar to our study and the overall acceptability scores increased by increasing pH and sugar concentration. Basu et al. (2013) researched the effect of sorbitol alternatives to sucrose and found that the scores in the sensory

evaluation were higher for the sorbitol group than the scores for the jam manufactured with sucrose. Pérez-Herrera et al., (2020) reported that adding the dietary fiber to jam caused an increase in gel strength and this reduced the acceptance. They suggested that it is useful to optimize the amount of constituents such as acid and sugar to provide acceptable jams with *Physalis* spp. fruit that also includes the seeds. As concluded sensory property of a new or fortified product was changeable with the amount of added material and optimization of these factors was important.

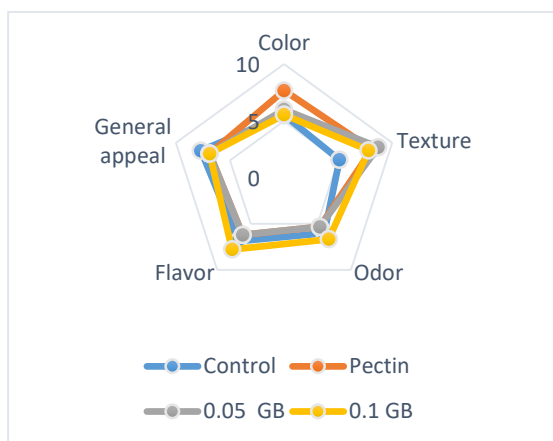


Figure 2: Average scores of the panelists for hedonic test on the quince jam groups as 0.1GB, 0.05 GB, control, and pectin

CONCLUSION

In this study, quince jam was produced by two different concentrations of *Ginkgo biloba* extract as a pectin substitute. Phenolic contents and antioxidant activity were significantly increased in parallel with the concentration of extract ($P \leq 0.05$). Rheological properties also differed from pectin. The panelists prefer the jam sample with 0.1 g GB extracts rather than the pectin added jam. The preferred jam sample with 0.1 g *Ginkgo biloba* extract by the panelists demonstrated that this extract can be used alternatively also for improving the sensory quality together with its benefits in chemical, physical, and microbiological attributes. In future studies, the synergistic effect of GB extract with other functional plant extracts on the quality of jams with fruits and vegetables can be researched.

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest between the authors.

AUTHOR CONTRIBUTION

Ahsen RAYMAN ERGÜN, provided the production, analysis, evaluation of the results and writing of the manuscript. Yeliz TEKGÜL, planned the research, provided the evaluation of the analysis, and writing the manuscript. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

REFERENCES

- Altuğ Onoğur, T., Elmacı, Y. (2011). Sensory evaluation in foods. İzmir, Turkey: Sidaş.
- Akbulut İ., Gürbüz, E., Ergün A. R., Baysal, T. (2021). Drying of Apricots Treated with *Ginkgo biloba* Plant Extract and Determination of the Quality Properties. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*. 7 (1): 145-159.
- Álvarez, E., Cancela, Ma, Maceiras, R. (2006). Effect of Temperature on Rheological Properties of Different Jams. *International Journal of Food Properties*, 9(1), 135-146.
- Anon. (2010). Quince Jam Standard, Ts 4188, Turkish Standardization Institute, Ankara.
- Augusto, P., Ibarz, A., Cristianini, M. (2013). Effect of High Pressure Homogenization (Hph) on The Rheological Properties of Tomato Juice: Creep and Recovery Behaviours. *Food Research International*, 54: 169-176
- Anon. (1981). Codex Standard for Jams (Fruit Preserves) and Jellies Codex Alimentarius Commission, Rome, Italy.
- Baker, R., Berry, N., Hui, Y., Barrett, D. (2005). *Food Preserves and Jams (Seconded.)*. Boca Raton, Fl, Usa: Crc Press 113–125.
- Barbieri, S., Petkowicz, C., Godoy, R., Azeredo, H., Franco C., Silveira, J. (2018). *Food Chemistry. Pulp and Jam of Gabiroba (Campomanesia Xanthocarpa Berg): Characterization and Rheological Properties*, 263, 292-299.
- Basu, S., Shivhare, U. (2013). Rheological, Textural, Microstructural, And Sensory

- Properties of Sorbitol-Substituted Mango Jam. *Food Bioprocess Technol*, 6:1401-1413.
- Basu, S, Shivhare, U., Singh T. (2013). Effect of Substitution of Stevioside And Sucralose On Rheological, Spectral, Color And Microstructural Characteristics of Mango Jam. *Journal Of Food Engineering*, 114(4), 465-476.
- Biggs, M., Sorkin, B., Nahin, R., Kuller, L., Fitzpatrick, A. (2010). Ginkgo Biloba and Risk of Cancer: Secondary Analysis of The Ginkgo Evaluation of Memory (Gem) Study. *Pharmacoepidemiol Drug Saf*. 19,694–698.
- Birks, J., Grimley, E. J. (2009). Ginkgo biloba for Cognitive Impairment and Dementia. *Cochrane Database. Syst Rev*,1: Cd003120.
- Brinkley, T., Lovato, J., Arnold, A., Furberg, C., Burke, G., Nahin, R., Lopez, O., Yasar, S., Williamson, J. (2010). Effect of Ginkgo Biloba on Blood Pressure and Incidence of Hypertension in Elderly Men and Women. *Am J Hypertens*. 23, 528–533.
- Canet, W., Alvarez, M., Fernández, C., Luna, P. (2005). Comparisons of Methods for Measuring Yield Stresses in Potato Puree: Effect of Temperature and Freezing. *Journal of Food Engineering*, 68(2), 143-153.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Food Analysis*. Food Technology Association Press. Ankara (In Turkish).
- Chan, P., Xia, Q., Fu, P. (2007). Ginkgo biloba Leave Extract: Biological, Medicinal, And Toxicological Effects. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev*, 25, 211–244.
- Chan, S., Choo, W., Young, D., Loh, X. (2017). Pectin as a Rheology Modifier: Origin, Structure, Commercial Production And Rheology. *Carbohydrate Polymers*, 161, 118-139.
- Chen, J, Zhang, T., Jiang, B., Mu, W., Miao J. M. (2012). Characterization and antioxidant activity of Ginkgo biloba exocarp polysaccharides. *Carbohydrate Polymers* 87:40–45.
- Czigle, S., Tóth, J., Jedlinszki, N., Háznagy-Radnai, E., Csupor, D., Tekel'ová, D. (2018) Ginkgo biloba Food Supplements on The European Market – Adulteration Patterns Revealed by Quality Control of Selected Samples. *Planta Med*, 84: 475-482.
- Díaz-Ocampo, R., Sánchez, R., Franco, J. (2014). Rheology of Commercial and Model Borojó Jam Formulations. *International Journal of Food Properties*, 17(4), 791-805.
- Egbekun, M., Nda-Suleiman, E., Akinyeye, O. (1998). Utilization Of fluted Pumpkin Fruit (*Telfairia Occidentalis*) in Marmalade Manufacturing. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52:171–176.
- Falcão, A., Chaves, E., Falcão, L., Gauche, C., Barreto., P., Bordignon-Luiz, M. (2009). *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. Rheological Behavior and Color Stability of Anthocyanins from Merlot (*Vitis Vinifera L.*) and Bordô (*Vitis Labrusca L.*) Grapes in A Jam Model System 29(4):857-862.
- Fang, J., Wang, Z., Wang, P., Wang, P. (2020). Extraction, structure and bioactivities of the polysaccharides from Ginkgo biloba: A review *International Journal of Biological Macromolecules* 162: 1897–1905.
- Ferreira, I., Pestana, N., Alves, M., Mota, F., Reu, C., Cunha, S., Oliveira, M.. (2004). Quince jam Quality: Microbiological, Physicochemical and Sensory Evaluation. *Food Control*, 15: 291–295.
- Fransen, H.P., Pelgrom, S.M.G.J., Stewart-Knox, B., de Kaste, D., Verhagen, H. (2010) Assessment of health claims, content, and safety of herbal supplements containing Ginkgo biloba. *Food & Nutrition Research*, 54:1.
- Garrido, J., Lozano, J., Genovese, D. (2015). Effect of Formulation Variables on Rheology, Texture, Colour, and Acceptability of Apple Jelly: Modelling and Optimization. *Lwt - Food Science and Technology*, 62: 325-332.
- Gómez, F., Igual, M., Camacho, M., Paga, N. (2013). Effect of The Addition of Plant Extracts on The Microbiota of Minimally Processed Strawberry Jam and Its Physicochemical and Sensorial Properties. *Cyta – Journal of Food*, 11(2): 171–178.
- Heidi, P., Fransen, Sylvia M., Pelgrom, B., Stewart-Knox, D., Hans, V. (2010). Assessment of Health Claims, Content, and Safety of Herbal

- Supplements Containing *Ginkgo biloba*. *Food & Nutrition Research*, 54(1): 5221.
- Igual, M., Contreras, C., Martinez-Navarrete, N. (2014). Colour and Rheological Properties of Non-Conventional Grapefruit Jams: Instrumental and Sensory. *Lwt- Food Science and Technology*, 56(1): 200-206.
- Kayacier, A., Doğan, M. (2006). Rheological Properties of Some Gums-Salep Mixed Solutions. *Journal of Food Engineering*, 72(3): 261-265.
- Kılıç, O., Başoğlu, F., Çopur, U., Ete, M. (1987) Fruit and Vegetable Processing Technology. Uludağ University Faculty of Agriculture Lecture Notes, Bursa, Turkey.
- Kim, Y. (2005). Antimicrobial Activity of Yacon K-23 and Manufacture of Functional Yacon Jam. *Korean J. Food Sci. Technology* 37(6):1035-1038.
- Koubala, B., Kansci, G., Garnier, C., Ralet, M., Thibault, J. (2012). Mango (*Mangifera Indica*) And *Ambarella* (*Spondias Cytherea*) Peel Extracted Pectins Improve Viscoelastic Properties of Derived Jams. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(3): 6200-6212.
- Kuller, L.H., Ives, D.G., Fitzpatrick, A.L., Carlson, M.C., Mercado, C., Lopez, O.L., Burke, G.L., Furberg, C.D., Dekosky, S.T. (2010). *Ginkgo* Evaluation of Memory Study I. Does *Ginkgo biloba* Reduce The Risk of Cardiovascular Events. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 3: 41-47.
- Kuwada, H., Jibu, Y., Teramoto, A., Fuchigami, M., Nakamura, K., Tabuchi, M., Teramoto, A., Ishii, K., Kimura, Y., Fuchigami, M. (2010). Changes in Texture, Structure and Pectin of Peach During Pressurization, Heating or Processing of High-Pressure-Induced and Heat-Induced Jam. *Journal of Food Science and Technology*,
- Maltaş, E. (2011). Analysis of *Ginkgo biloba* by Chemical and Molecular Methods. Ph. D. Thesis. Selçuk University Institute of Science, Konya-Turkey.
- Mei, N., Guo, X., Ren, Z., Kobayashi, D., Wada, K., Guo, L. (2017). Review of *Ginkgo biloba*-Induced Toxicity, From Experimental Studies to Human Case Reports. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*. 35(1): 1-28.
- Nakanishi, K. (2005). Terpene Trilactones From *Ginkgo biloba*: From Ancient Times to the 21st Century. *Bioorg Med Chem*, 13 (17): 4987-5000.
- Ndabikunze, B., Masambu, B., Tiisekwa, B., Issa-Zacharia, A. (2011). The Production of Jam from Indigenous Fruits Using Baobab (*Adansonia Digitata L.*) Powder as a Substitute for Commercial Pectin. *African Journal of Food Science*, 5(3):168-175.
- Pascual, M., Calderón, V. (2000). *Microbiología Alimentaria. Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas* (2nd ed.) Editorial Díaz de Santos S.A, Madrid, España.
- Pérez-Herrera, A., Martínez-Gutiérrez, G., León-Martínez, F., Sánchez-Medina, M. (2020). The Effect of The Presence of Seeds on The Nutraceutical, Sensory and Rheological Properties of *Physalis* Spp. Fruits Jam: A Comparative Analysis. *Food Chem*, 302, 125-141.
- Pitt, J., Hocking, A.D. (2009). The ecology of fungal food spoilage, in: Hocking, Fungi and Food Spoilage. CSIRO-Division of Food Research Sydney. Academic Press Australia, 5-18.
- Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M., Yang, W., Feng, H., Ereifej, K., Kilani, I., Ishmael, M. A. 2014. Effect of Jam Processing and Storage On Phytochemicals and Physicochemical Properties of Cherry at Different Temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation. Journal of Food Processing and Preservation* 38: 247-254.
- Randazzo, C. L., Pitino, L., Licciardello, F., Muratore, G., Caggia, C. 2013. Survival of *Lactobacillus rhamnosus* probiotic strains in peach jam during storage at different temperatures. *Food Sci. Technol, Campinas*, 33(4): 652-659.
- 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&Medicine*, 26(9-10): 1231-1237.
- Roy, M., Alam, M., Abu Saeid, A., Das, B., Mia, M., Rahman, A., Eun, J., Ahmed, M. (2018). Extraction and Characterization of Pectin from

- Pomelo Peel and Its Impact on Nutritional Properties of Carrot Jam During Storage. *J Food Process Preserv*, 42: E13411.
- Siddiqui, N., Azhar, I., Tarar, O., Masood, S., Mahmood, Z. (2015). Influence of Pectin Concentrations on Physicochemical and Sensory Qualities of Jams. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(6): 68-77.
- Silva, B., Andrade, P., Mendes, G., Seabra, R., Ferreira, M. (2002). Study of The, Organic Acids Composition of Quince (*Cydonia Oblonga* Miller) Fruit and Jam. *J. Agric. Food Chem*, 50: 2313-2317.
- Silva, B., Andrade, P., Valentao, P., Ferreres, F., Seabra, R., Ferreira, M. (2004). Quince (*Cydonia Oblonga* Miller) Fruit (Pulp, Peel and Seed) and Jam: Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15): 4705-4712.
- Singleton, V., Rossi, J. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Slinkard, K., Singleton, V. (1977). Total Phenol Analyses: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Su, S. L., Duan, J. A., Tang, Y. P., Zhang, X., Yu, L., Jiang, F. R., Zhou, W., Luo, D. & Ding A. W. (2009). Jiangsu Key Laboratory to Tcm Formulae Research, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, P.R. China. *Planta Medica*, 75(4): 351- 355.
- Suliman, A., Khodari, K., Salih, Z. (2013). Extraction of Pectin from Lemon and Orange Fruits Peels and Its Utilization in Jam Making. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 3(5): 81-84.
- Sun, A., Gunasekaran, S. (2009). Yield Stress in Foods: Measurements and Applications. *International Journal of Food Properties*, 12: 70-101.
- Şengül, M., Topdaş, E.F., Doğan, H., Serencam, H. (2018). Some Physical and Chemical Properties, Antioxidant Activities and Phenolic Profiles of Different Marmalades Traditionally Produced in Artvin, Turkey. *Academic Food Journal*. 16(1): 51-59.
- Tiwari, A., Vidyarthi, A., Nigam, V., Hassan, M. (2016). Study F Rheological Properties and Storage Life F Ripe Jackfruit Products: Jam and Jelly. *Asian Jr Of Microbiol. Biotech. Env. Sc.*, 18(2): 475-482.
- Vellas, B., Coley, N., Ousset, P., Berrut, G., Dartigues, J., Dubois, B., Grandjean, H., Pasquier, F., Piette, F., Robert, P., Touchon, J., Garnier, P., Mathieffortnet, H., Andrieu, S. (2012). Guidage. Study G. Long-Term Use of Standardised Ginkgo biloba Extract for The Prevention of Alzheimer's Disease (Guidage): A Randomised Placebo-Controlled Trial. *Lancet Neurol*, 11: 851-859.
- Vibhakara, H.S., Bawa, A.S. (2006). Manufacturing jams and jellies. In Hui YH (ed) *Handbook of fruits and fruits processing*, 189-204.
- Wojdyło, A., Oszmiański, J., Teleszko, M., Łętowska, S. A (2013). Composition and quantification of major polyphenolic compounds, antioxidant activity and colour properties of quince and mixed quince jams, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64:6, 749-756, DOI: 10.3109/09637486.2013.793297”
- Yılmaz, M. (2007). Suitability of Quince Fruits of Various Cultivars Grown on The Agricultural Experimental Station of ozantı for Preserve Production. Çukurova University, Institute of Science, Master's Thesis, Adana, Turkey.
- Yuan, Z., Tian, Y., He, F., Zhou, H. (2019). Endophytes from Ginkgo biloba and Their Secondary Metabolites. *Chin Med*, 14-51.
- Zor, M., Şengül, M. (2020). Some Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Quince (*Cydonia Oblonga* Miller) Fruit and Quince Jam Stored in Different Packaging and At Different Temperatures. *Atatürk Univ. J. Of Agricultural Faculty*, 51 (1): 97-108.



ÇEVRESEL İZLEME PROGRAMI: GIDA ENDÜSTRİSİNDE MİKROBİYOLOJİK GÜVENLİĞİ DESTEKLEYEN ERKEN UYARI SİSTEMİ

Elif Onbaşı*, Aycan Cinar

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Geliş / *Received*: 20.07.2021; Kabul / *Accepted*: 29.09.2021; Online baskı / *Published online*: 09.10.2021

Onbaşı, E., Cinar, A. (2021). Çevresel izleme programı: Gıda endüstrisinde mikrobiyolojik güvenliği destekleyen erken uyarı sistemi. GIDA (2021) 46 (5) 1313-1330 doi: 10.15237/gida. GD21105

Onbaşı, E., Cinar, A. (2021). Environmental monitoring program: An early warning system supporting microbiological safety in the food industry. GIDA (2021) 46 (5) 1313-1330 doi: 10.15237/gida. GD21105

ÖZ

Günümüzde, birçok ülkede gıda güvenliği sistemleri ve yasal zorunluluklar uygulanmasına rağmen gıda kaynaklı hastalık ve salgınlar milyonlarca insanı etkilemeye ve binlercesinin ölümüne sebep olmaya devam etmektedir. Gıda kaynaklı hastalıklar ayrıca büyük ölçekli geri çağırmalara, pazar talebinin azalmasına ve tüketicilerin gıda ürünlerine olan güveninin kaybolmasına neden olmaktadır. Gıda güvenliği, üretim ortamında bulunan çeşitli patojenik ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların gıdaya kontaminasyonu yoluyla tehlikeye girmektedir. Mikroorganizmalar genellikle gıda ortamına hammadde, hava, su, çalışan personel ve zararlılar yoluyla girmekte ve gıda işleme ortamında hayatta kalıp çoğalabilmektedirler. Hem gıda ürünlerini hem de üretim ortamını mikrobiyolojik olarak izleme kombinasyonu, gıda güvenliğini ve kalitesini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Çevresel izleme programı (ÇİP), bir tesisteki genel hijyen uygulamalarının ve kontrol programlarının etkinliğini değerlendirerek, gıda ürünlerinin olası mikrobiyel kontaminasyonunu önlemeyi sağlayan bir izleme programıdır. Bu derlemede ÇİP kurulum metodolojisi ve literatürde yer alan mevcut araştırma çalışmaları harmanlanarak gıda sektörü için bilimsel modeller sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Çevresel İzleme Programı, gıda kaynaklı salgınlar, patojen mikroorganizmalar, gıda güvenliği, gıda geri çekmeleri

ENVIRONMENTAL MONITORING PROGRAM: AN EARLY WARNING SYSTEM SUPPORTING MICROBIOLOGICAL SAFETY IN THE FOOD INDUSTRY

ABSTRACT

Nowadays, foodborne outbreaks still affect millions and kill thousands of people despite implementation of food safety management systems and legal obligations in many countries. Foodborne illness also cause large-scale recalls, reduced market demand, and consumers loss of confidence in food products. Food safety and quality are endangered since microbiological contamination by various pathogenic and spoilage microorganisms in production environment. Microorganisms, generally introduced into the food environment through raw materials, pests, air, water, employees, can survive in food processing environments. The combination of microbiological monitoring of both food products and the production environment is critical to ensuring food safety

*Yazışmalardan sorumlu yazar/ *Corresponding author*

✉: elifdaban@gmail.com

☎: (+90) 224 300 37 40

☎: (+90) 224 300 34 19

Elif Onbaşı; ORCID no: 0000-0002-5169-7392

Aycan Cinar; ORCID no: 0000-0003-2038- 725X

and quality. Environmental monitoring program (EMP) is a monitoring program that allows evaluate the effectiveness of general hygiene practices and control programs to prevent possible microbial contamination of food. In this review, scientific models are given for food sector by combination the EMP methodology and existing research studies in literature.

Keywords: Environmental Monitoring Program (EMP), foodborne outbreaks, pathogenic microorganisms, food safety, food recalls.

GİRİŞ

Gıda Güvenliği; gıda kaynaklı zehirlenmeler ve salgınlar nedeniyle günden güne artan ve kontrol altına alınamayan küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya çapında her yıl yaklaşık 600 milyon kişi gıda kaynaklı hastalık yaşamakta ve bunların 420.000'i ölümlerle sonuçlanmaktadır (WHO, 2015). Hastalık Kontrol Merkezlerine (CDC) göre ise sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 48 milyon kişi gıda kaynaklı hastalıklarla enfekte olmakta, bunların 128.000'i hastaneye kaldırılmakta ve 3000'ü ölümlerle sonuçlanmaktadır (Oliver, 2019). Gıda kaynaklı hastalıklar; patojenik ve çürükçül bakteriler, virüsler, parazitler ile bulaşıcı olmayan kimyasallar ve toksinlerin de içinde yer aldığı tehlikeler ile kontamine olmuş gıdaların tüketiminden kaynaklanmaktadır (Adley ve Ryan, 2016; Hoffmann ve Scallan, 2017). Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi (CDC, 2016), kontamine olmuş gıdaların tüketiminin, 250'den fazla değişik gıda kaynaklı hastalığa yol açtığını bildirmiştir. Dünya çapında meydana gelen tüm gıda kaynaklı hastalıkların yaklaşık %91'i bakteriyel kontaminasyon kaynaklı olup *Listeria*, *Escherichia coli*, *Salmonella* ve *Campylobacter* buna sebep olan öncül türler olarak bilinmektedir (WHO, 2020).

Listeria monocytogenes, insanlarda listeriyoz hastalığına neden olan ve %20-30 gibi yüksek ölüm oranı sebebiyle popülasyon için riskli olarak görülen en önemli gıda kaynaklı patojenlerdendir (Kâse vd., 2017; Swaminathan ve Gerner-Smidt, 2007). 2012 yılında İtalya'dan Amerika Birleşik Devletleri'ne ithal edilen pastörize ricotta peyniriyle bağlantılı bir salgında 20 kişinin hastanelik olduğu ve 4'ünün ölümlerle sonuçlandığı bildirilmiştir. Takip numunesi, işleme tesisi ortamından alınan *L. monocytogenes* izolatlarının, klinik izolatlar ile eşleşen PFGE (Pulsed Field Gel Elektrofrezisi) modellerine sahip olduğunu ortaya çıkarmış, bu da peynirin işleme tesislerinde

kontamine olduğu sonucunu düşündürmüştür (Acciari vd., 2016). Bugüne kadar yaşanan en büyük listeriyoz salgını 2017'de Güney Afrika'da gerçekleşmiş olup vaka sayısı 1060 olarak bildirilmiştir (Smith vd., 2019). Salgının sebebi fabrika üretim ortamında *L. monocytogenes* suşu ile kontamine olmuş polony adı verilen tüketime hazır işlenmiş et ürünü olarak belirlenmiştir (Thomas vd., 2020). Diğer bir yandan *Listeria* kadar ciddi bir patojen olan *Salmonella* ile ilgili de geçmişte benzer birçok salgın yaşanmıştır. 1988 yılında Amerika'da 209 vakanın meydana geldiği ve yulaf gevreği ile ilişkilendirilen bir salgında *Salmonella*'nın işleme tesisi ortamından geldiği tespit edilmiştir. 10 yıl sonra 2008'de aynı yerde *Salmonella Agona* ile kontamine olmuş pirinç gevreğine bağlı yaşanan benzer bir salgında ise 28 salmonelloz vakası yaşanmış olup her iki salgında da rol oynayan suşların aynı alt tipte olduğu belirlenmiştir. Bunların aynı tesiste üretilmiş olması *Salmonella Agona*'nın bu tesiste en az 10 yıldır hayatta kaldığını düşündürmüştür (Russo vd., 2013). Yakın bir zamanda (2019) Fransa'da yaşanan ve 1 yaşın altında bebeklerin etkilendiği bir salgında ise kök neden *S. Agona* ile kontamine olmuş toz bebek maması olarak tespit edilmiştir. Vakalar tarafından tüketilen bebek mamasında geriye dönük yapılan izlenebilirlikte *Salmonella* kontaminasyonunun kurutma kulesi ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Jones vd., 2019). Bu ve bunun gibi birçok gıda kaynaklı salgın ve ürün geri çağırımları incelendiğinde çoğunda kontaminasyon nedeni gıda işleme tesislerindeki çevre ve ekipmanla ilişkilendirilmiştir (Beno vd., 2016; Zoellner vd., 2018).

Gıda kaynaklı bir salgınla karşılaşıldığı durumlarda yetkili mercilerin zehirlenmenin kök nedenini bulmaları ve daha fazla sayıda insan etkilenmeden önce önlem almaları gerekmektedir. Bununla birlikte, salgınlar sadece bir halk sağlığı sorunu değil, aynı zamanda ürün geri çağırımlara ve büyük ekonomik kayıplara da neden olmaktadır

(Jung vd., 2021). Geri çağırma ve toplama; kontamine gıda tespit edildikten sonra halkı uyarmak ve salgının yayılmasını önlemek için üreticiler tarafından ürünün piyasadan toplanması süreci olarak tanımlanmaktadır (Özdemir, 2018; Jung vd., 2021). Günümüzde gıda şirketlerinin ekonomik kaybının, her bir geri çekme başına yaklaşık ortalama 10 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir (Weigel, 2019). Bunun yanı sıra firmalar ürün, pazar ve tüketici güven kaybı nedeniyle ciddi ekonomik kayıplar yaşamakta bu durum iflasa ve piyasadan çekilmeye kadar gidebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesine (FDA) göre 2021 yılının başından bu zaman kadar olan süreçte 33 farklı gıda markası piyasaya sürdüğü ürünlerde *Listeria* ve *Salmonella* kontaminasyon potansiyeli olması sebebiyle ürünlerini geri çekme ve piyasadan toplama kararı almıştır (FDA, 2021).

Gıda ürünlerinin mikrobiyel kontaminasyonu, besin zincirinin her adımında meydana gelebilmektedir. Üretim ortamları, ya etkin olmayan temizleme prosedür ve yöntemleri ya da üretim sırasında meydana gelen bulaşı nedeniyle ciddi bir kontaminasyon kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Zacharski vd., 2018). Gıda işletmelerinde çalışan personel, alet ekipman, ortam havası, kullanılan su, paketlenme materyalleri, duvarlar, yüzeyler vb. gibi birçok faktör kontaminasyon nedenleri arasında yer almaktadır (Magdovitz vd., 2020). 1998'de Fransa'da yaşanan gıda kaynaklı salgına ilişkin yapılan bir araştırmada, vakalarının %40'ının ekipman kontaminasyonu ile bağlantılı olduğunu bildirmiştir (Cappitelli vd., 2014). Bu yüzden besin zincirinin güvenli kalabilmesi için tarımsal üretimden son ürüne kadar (tarladan çatala) geçen tüm üretim süreçlerinde gıda güvenliğinin etkin bir şekilde sağlanması kritik öneme sahiptir.

Gıda güvenliği ve kalitesi kavramı, dünya çapında sektörel olarak dikkat çekmiş olup bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde tüm girişimlerin, yasaların ve yönetim sistemlerinin temelini oluşturmuştur. Gıda güvenliği sistemlerinin çıkış noktası olarak kabul edilen HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point), gıda üretimi boyunca oluşturabilecek kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik,

alerjen tehlikelerinin kontrol edilmesi ve ortadan kaldırılmasını sağlayan sistematik bir araştırma (Fukushima, 2019; Hasnan ve Mohd Ramli, 2020). ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi, GMP (Good Manufacturing Practice) ve HACCP'in türevi olarak ortaya çıkan ISO 22000, gıda güvenliğini sağlamada uluslararası ortak bir çözüm sistemi olarak geliştirilmiştir (Pangal vd., 2018). Günümüzde, BRC (İngiliz Perakendeciler Birliği Konsorsiyumu), IFS (Uluslararası Gıda Standardı), FSSC 22000 (Gıda Güvenliği Yönetim Sistem Sertifikasyonu) modern gıda kalitesi ve güvenliği yönetim sistemleridir ancak devam eden gıda kaynaklı salgınlar bu sistemlerin mikrobiyolojik tehlikeler açısından tek başlarına yeterli olmadıklarını göstermektedir.

Son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), salgınların en büyük kaynağı olan mikrobiyel tehlikelerin gıda işletmelerinde kontrollerinin daha etkin bir şekilde izlenmesi için HACCP tabanlı gıda güvenliği sistemlerine ek olarak iyi tasarlanmış bir Çevresel İzleme Programının (ÇİP) uygulaması ve sürdürülmesi önermektedir (FDA, 2015). 2004 yılında Kanada'da, 2005 yılında Avrupa Birliği'nde, 2006 ve 2020 yıllarında Yeni Zelanda'da ve 2011 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde gıda güvenliği ve hijyen programlarına ÇİP dahil edilerek gıda güvenliği konularındaki düzenlemeler güçlendirilmiştir (FIL-IDF, 2020). ÇİP genel hijyen-sanitasyon uygulamalarının ve kontrol programlarının etkinliğini doğrulayan ve gıdalarda olası mikrobiyel kontaminasyon noktalarının saptanmasını sağlayan bir izleme programıdır (United Fresh Produce Association, 2018; 3M ve Cornell University, 2019).

Proaktif bir yaklaşım sağlayan ÇİP sistemi gıda kontaminasyonunu önlemek için nihai ürün kontrolleriyle birlikte bir erken uyarı göstergesi olarak kullanılabilir (FIL-IDF, 2020). Gıda işletmelerinde yalnızca son ürünün mikrobiyolojik olarak test edilmesi gıda güvenliğini garanti etmek için yeterli olmayabilmektedir çünkü mikroorganizmaların analiz edilen örnek numunede bulunmaması tüm üretimde yok olduğu anlamına gelmemektedir (ANSES, 2020). Bu nedenle, ÇİP sisteminin işletmelere

entegrasyonu ile sadece son ürün değil tüm üretim ortamları mikrobiyolojik açıdan değerlendirilip ve rutin olarak takip edilecek böylelikle gıda güvenliğinin mikrobiyolojik açıdan tam sağlanmasına imkân sunacaktır (Muhterem-Uyar vd., 2015).

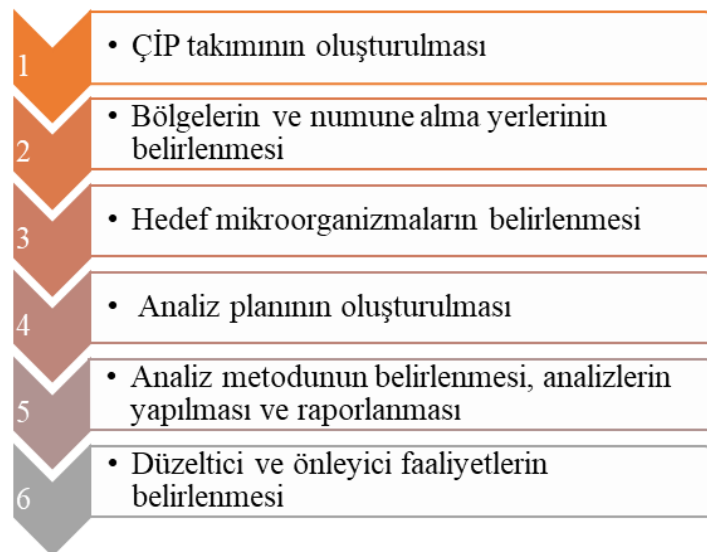
Günümüzde ÇİP sisteminin gıda sanayinde uygulanmasını desteklemek amacıyla bazı yönergeler (örn. Almond Board of California, 2009; FDA, 2017; National Fisheries Institute, 2018; 3M ve Cornell Üniversitesi, 2019) ve standartlar (örn. ISO 18593:2018, EN 17141:2020) oluşturulmuştur. Bu kaynaklarda metodoloji açıkça anlatılmış olmasına rağmen, her işletmenin uygulaması büyük ölçüde işleme tesisinin özelliklerine, patojen ile indikatör mikroorganizma çeşitlerine ve risk faktörlerine göre değişmektedir. ÇİP sistem kurulumundaki en önemli adım üretilen gıda ürünü ve üretim tesisi ile ilgili tehlikelerin ve risklerin göz önünde bulundurulması ve verimli bir uygulama yapılması için stratejiler oluşturulmasıdır. İşletmenin en az 6 aylık geçmiş analiz verileri incelenerek risk değerlendirmesi yapılmalı; numune alma bölgeleri, analizlerin kapsamı ve sıklığı bu kapsamda belirlenmelidir. ÇİP sistemleri çeşitli faktörlere bağlı olarak; proses, değişen müşteri ve mevzuat gereksinimleri, üretim tesislerinin tasarımı ve mevsimsel değişiklikler gibi geçici veya kalıcı değişimlere karşı uygunluğunun garanti altına

alınabilmesi için düzenli olarak gözden geçirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir (Cinar ve Onbaşı, 2021). Bu sistemi etkin olarak uygulayan gıda üreticileri, piyasaya sürdükleri ürünlerin üretildiği üretim ortamında potansiyel zararlı sağlık etkilerine yol açabilecek herhangi pozitif kontaminasyon sonucunu yetkili makamlara bildirmeleri gerekmektedir (FDA, 2017).

Son yıllarda dünya çapında ve ülkemizde gıda sektöründe ÇİP sistem kurulum ve uygulamaları artmış olmasına rağmen doğru metodoloji ve uygulamalı örneklerin literatürde az olması nedeniyle gıda sanayinde etkin olmayan uygulamalar mevcuttur. Bu ihtiyaçtan hareketle mevcut derleme çalışmasının temel amacı literatürde yer alan rehberlerin ve güncel çalışma örneklerinin ışığında ÇİP sistem kurulumu için bilimsel uygulama modelleri sağlamaktır.

YÖNTEMLER

ÇİP programını uygulamak, işletmeler için ilk başta karışık bir durum olarak görülse bile sistematik bir yaklaşımın kullanılmasıyla oldukça kısa bir sürede etkili bir program geliştirilebilmektedir. ÇİP kurulumunun uygulanacak işletme ve ürün bazında Şekil 1'de verilen akış şeması kullanılarak yapılması önerilmektedir (United Fresh Produce Association EMP Guide, 2018).



Şekil 1. ÇİP programı kurulum şeması

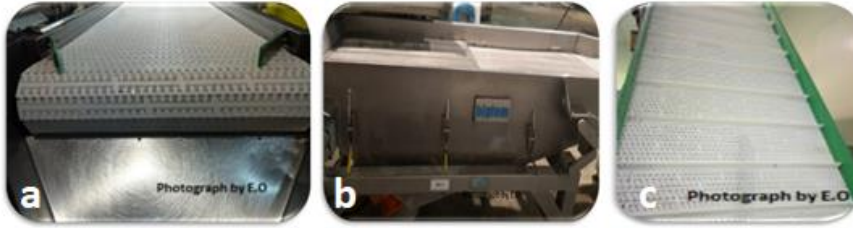
ÇİP takımının oluşturulması

ÇİP' in ilk adımı, işletmede yaşanabilecek biyolojik tehlikelerin farkında olan, hijyen-sanitasyon ve gıda güvenliği konusunda deneyime sahip olan personelin bir araya getirilmesidir. İşletmede, ÇİP programının geliştirilmesi ve uygulanması konusunda deneyimli veya eğitim almış bir gıda güvenliği uzmanı bulunmuyor ise bu konuda rehberlik almak veya bir süreç yetkilisinden yararlanmak sistemin doğru kurulumu açısından önemlidir (Almond Board of California, 2009). ÇİP ekibi; HACPP takımında da aktif yer alan kalite kontrol sorumlusu (gıda mikrobiyolojisi bilgi ve tecrübesine sahip), üretim şefi, bakım sorumlusu, hat operatörü ve temizlik ekibinden oluşabilmektedir. ÇİP program kurulumuna geçilmeden önce personele program içeriği ve amacı hakkında detaylı bir eğitim verilmesi gerekmektedir. Program çıktılarının raporlanması, uygun olmayan durumların değerlendirilmesi ve düzeltici faaliyetlerin belirlenmesi durumlarında bu takımın aktif olarak toplanması gerekmektedir.

Bölgelerin ve numune alma yerlerinin belirlenmesi

ÇİP ekibi oluşturulduktan sonra, süreç akışını anlamak ve olası kontaminasyon noktalarını belirlemek için üretilen ürünlerin akış şemalarının ele alınarak üretim alanında keşif yürüyüşüne çıkılması gerekmektedir. Program konsepti kapsamında üretim ortamı, kontaminasyona neden olabilecek en yüksek riskli alanlardan (Bölge 1), en düşük riskli alanlara kadar (Bölge 4) dört bölgeye ayrılmalıdır.

Bölge 1; ürün paketlenmeden önce ve ısıtma işlem gibi faaliyetlerden geçtikten sonra gıda ile doğrudan temas eden yüzeyler olarak tanımlanmaktadır. Bölge 1 yüzey örnekleri; konveyör bantlar ve kovalar, kaplar, çalışanın elleri (ürüne dokunuyorsa), dilimleyiciler, ürün hazneleri, paketleme makineleri, ambalaj materyalleri vb. (Şekil 2).



Şekil 2. a: Sarsak elek, b: Ayıklama bandı, c: Taşıyıcı bant

Bölge 2; fiziksel olarak gıdaya oldukça yakın fakat ürüne doğrudan temas etmeyen yüzeyler olarak kabul edilmektedir. Bölge 2 yüzey örnekleri; iş

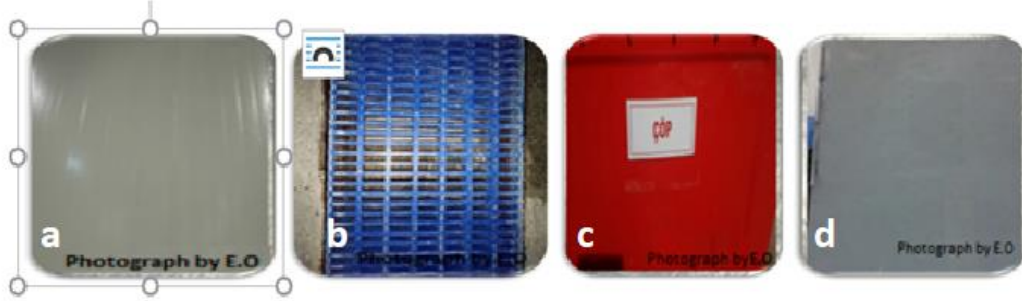
kıyafeti, tartı terazileri, pişirme ocakları, kontrol panelleri ve düğmeler, bilgisayar ekranları, lambalar vb. (Şekil 3).



Şekil 3. a: Ayıklama bant lambası, b: Bilgisayar ekranı, c: Terazi, d: Panel butonu

Bölge 3; Üründen uzakta fakat hala üretim ortamında olan, dolaylı temas ile tehlike yaratabilecek yüzeyler (duvarlar, kapılar, yerler,

çöp kutuları vb.) bu bölge kapsamında değerlendirilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. a: Duvarlar, b: Drenajlar, c: Çöp kutuları, d: Plastik paletler

Bölge 4; En düşük riskli alan olarak bilinen üretim dışı yüzeyler (soyunma odaları, ofisler, yemekhane vb.) olarak sistemde yerini almaktadır (Şekil 5)

(United Fresh Produce Association, 2018; Simmons ve Wiedmann, 2017).



Şekil 5. A: Personel dolapları, b: Çalışma masaları, c: Bilgisayar klavyesi

Son yıllarda dondurulmuş meyve sebze işletmesinde uygulamalı olarak yapılan bir ÇİP çalışmasında Bölge 1'den Bölge 4'e kadar olan 43 örnekleme noktasına ait liste Çizelge 1'de yer almaktadır. Çalışmada, numune alınacak noktaların risk faktörüne göre belirlendiği bildirilmiştir (Cinar ve Onbaşı, 2021).

Simmons ve Wiedmann (2018), *Listeria monocytogenes* için patojen çevresel izleme programları numune alma yerlerinin tanımlanması ve sınıflandırılması üzerine yapmış oldukları bir çalışmada mevcut literatür ve kılavuz belgelere dayalı olarak Bölge 1'den 4'e kadar 77 örnekleme noktası listelemişlerdir. Bu kapsamlı çalışmada 16 gıda güvenliği uzmanının görüşleri yer almakta olup, gıda endüstrisi için ÇİP programlarının geliştirilmesine veya iyileştirilmesine yardımcı

olacak referans bölgeler bulunmaktadır. Çizelge 2'de bu noktaların özetini içeren liste yer almaktadır.

Gıda üretim tesislerinde farklı ortamlar ve ekipmanlar bulunmasına rağmen yukarıda yer alan çalışmalar gıda endüstrisi tarafından ÇİP programı kurulurken numune alma ve bölgelere ayırma adımıyla kullanılabilir temel bilgileri sağlamaktadır.

Hedef mikroorganizmaların ve limitlerinin belirlenmesi

Hedef mikroorganizmalar belirlenirken; ürünün yapısı, üretim ortamı, son yıllarda yapılan son ürün ve yüzey alanları mikrobiyoloji analiz sonuçları, müşteri şikayetleri, yasal zorunluluklar gibi parametrelerin üretilen ürün bazında detaylı

olarak incelenmesi gerekmektedir (Onbaşı, 2020). Hedeflenen mikroorganizmalar indikatör ve patojen mikroorganizmalar olarak iki grupta sınıflandırılabilir. İndikatör mikroorganizmalar, gıdaların işlenmesi sırasında veya sonrasında meydana gelmiş hata ve kontaminasyonları, işletmenin genel hijyen ve sanitasyon durumunu ve önemli sağlık risklerine neden olabilecek patojenlerin potansiyel varlığını gösteren mikroorganizmalardır (Onmaz vd., 2016). Bu mikroorganizmalar çevresel izlemede hızlı yöntemlerle tespit edilebilmekte olup gıdanın bozulabilir doğası nedeniyle gıda endüstrisi için önemlidir ayrıca türe özel testlerin gerekli olup olmadığını belirlemede yardımcı olur (Jemmi ve Stephan, 2006). Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam koliformlar, fekal koliformlar ve *Enterococcus spp.* mikroorganizmaları hijyenik koşulları izlemek için kullanılacak bazı indikatör mikroorganizmalara örnek olarak verilmektedir (Channaiah, 2013; Chapin vd.,

2014). Diğer yandan patojen mikroorganizmalar doğada yaygın olarak bulunmakla birlikte kontaminasyonu sonucu gıda kaynaklı hastalıklara ve zehirlenmelere neden olmaktadır (Mazaheri vd., 2021). *L. monocytogenes* dünyada çapında patojen mikroorganizmalar arasında en çok bilinen ve gıda zehirlenmelerinde %15.6'ya varan yüksek ölüm oranına sahip olan mikroorganizma türüdür (EFSA, 2019). Yüksek öneme sahip bir diğer patojen ise *Salmonella spp.* klasik olarak genellikle fekal yolla bulaşan bir patojen olarak düşünülse de, kuru gıda işleme tesislerinde en az 10 yıl boyunca varlığını sürdürdüğünü gösteren tespitler bulunmaktadır (Beno vd., 2016). Patojen izleme programlarının (özellikle *Listeria* için) oluşturulması ve uygulanmasında rehberlik etmesi için bir dizi sektöre ve organizasyonlara göre hazırlanmış kılavuz bilgiler Çizelge 3'te yer almaktadır.

Çizelge 1. Her bir bölge için ÇİP numune alma noktaları (Cinar ve Onbaşı, 2021).

Bölge 1	Bölge 2	Bölge 3	Bölge 4
Personel Elleri	Personel Üniformaları	Metal Dedektörler	Soyunma Odaları
Paketleme Makinası	Tartım Terazileri	Soğuk Depolama Odaları	Yemekhane
Paketleme Materyalleri	Bakım Ekipmanları	Yerler, Yüzeyler	Tuvaletler
Taşıma Elavatörleri	Lambalar	Duvarlar	Koridorlar
Sorteks Ayıklama Makinesi	Karton Kutular	Kapılar	Ofisler
Taşıma Bantları	Makine Butonları	Drenajlar	Bakım Odaları
IQF Makinesi	Ekipman Çerçeveleri	UV sinek tutucular	
Sarsak Elekler	IQF Ekranı	Camlar	
Kesim Makineleri	Sorteks Ekran ve Düğmeleri	Paletler	
Haşlama Makinesi		Çöp kutuları	
Birincil Ambalajlar		Paspaslar	
Termometreler		Transpaletler	
Hava		Forkliftler	
Su		Havalandırmalar	

E. Onbaşı, A. Cinar

Çizelge 2. Numune alma noktalarının sınıflandırılması (Simmons ve Wiedmann, 2018)

Numune Noktası	Tanım ve Yorum	Tesisin Türü	ÇİP Bölgesi
Yuvarlak Öğütücüler	Öğütücü kaselerin iç kısımları, bıçaklar ve diğer temizlenmesi zor temas alanlarına özellikle dikkat edilmelidir.	Et ve Deniz ürünleri	Bölge 1
Bitmiş ürün için kullanılan kesme tahtaları	Hasarlı ve/veya temizlenmesi zor alanlara özel dikkat gösterilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende	Bölge 1
Karıştırıcı/ Öğütücüler	Bıçaklar ve diğer temizlenmesi zor temas alanlarına özellikle dikkat edilmelidir.	Et ve deniz ürünleri	Bölge 1
Ürünle Temas eden diğer ekipmanlar (örn. fırçalar, tanklar, masalar)		Et, deniz ürünleri, süt ürünleri	Bölge 1
Fırçalar ve son ürüne temas eden diğer ekipmanlar	Örneğin; peynirin olgunlaşması sırasında tuzlu su ve ürün ile temas eden fırçalar.	Süt ürünleri	Bölge 1
Dilimleyici/soyucu/doğrayıcı	Gıda ile temas eden ve hijyenik tasarım hataları bulunan (örn. bıçaklar, konveyör bant) noktalara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende üretim.	Bölge 1
Bitmiş ürün ile temas eden korumalıklar (örn. seçme ve ayıklama bantları).		Tüm gıda üretim yerleri	Bölge 1, Bölge 2
Konveyör taşıma bant ve sistemleri, gıda ile temas eden diğer taşıma sistemleri.	Numune almadan önce sistem en az 15 dakika çalıştırılmalı; içi boş silindirler, kumaş destekli kayışlar, metal bağlantılar ve etiketler gibi temizlenmesi zor alanlara özel dikkat gösterilmelidir.	Et, deniz ürünleri	Bölge 1
Paketleme makineleri	Ürünle temas eden noktalara özellikle dikkat edilmeli.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, tüm gıda üretimleri	Bölge 1, Bölge 2
Bitmiş ürünlerin taşındığı boru ve tüplerin iç kısımları	Gıda temas yüzeyleri, contalar, çıkmaz noktalar, bağlantılar, süt taşı biriken veya -biyofilm oluşumu olan alanlara dikkat edilmelidir.	Süt Ürünleri	Bölge 1
Bitmiş ürün saklama fıçı/tank, depolama ekipmanları		Deniz Ürünleri	Bölge 1
Bitmiş ürünlerle temas eden kovalar/kutular	Ürünleri ıslatmak/durulamak için kullanılan kovanın iç kısmına özel dikkat gösterilmesi gerekmektedir.	Deniz Ürünleri, Tüm üretimler	Bölge 1
Dolum Üniteleri	Ağız kısımlarına, kapak contalarına ve diğer kauçuk parçalar ile temizlenmesi zor gıda ile temas eden alanlara dikkat edilmelidir.	Et ve süt ürünleri	Bölge 1
Gıda ile temas eden teraziler		Tüm üretimler	Bölge 1
Vanalar	Temizlenmesi zor alanlara özel dikkat gösterilmelidir.	Süt ürünleri	Bölge 1

Gıda endüstrisinde çevresel izleme programı

Çizelge 2. devam

Numune Noktası	Tanım ve Yorum	Tesisin Türü	ÇİP Bölgesi
Bitmiş ürün kasaları	Hasarlı ve hijyenik açıdan temizlemeye uygun olmayan kasalara dikkat edilmelidir.	Süt ürünleri, Perakende ürünler	Bölge 1
Vakum Makinaları	Hazneler ve mühürleme noktalarına dikkat edilmelidir.	Et ve süt ürünleri, Üretimler	Bölge 1, Bölge 2
Bitmiş ürün ile temas eden termometreler		Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 1
Bitmiş ürünle temas eden önlükler	Yeniden kullanılabilir önlüklere odaklanın; ön kısımlara, iplere, aşınmış ve çok kirli önlüklere, alttan sarkan ve konveyör ile temas eden önlüklere özel dikkat gösterilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 1, Bölge 2
Konveyör/Taşıma sistemleri	Bantların ürün ile temas etmeyen noktaları.	Et, deniz ürünleri	Bölge 2
Bitmiş ürün rafları	İçi boş parçalar, kapaklar ve temizlenmesi zor diğer alanlara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende	Bölge 2, Bölge 1
Gıda üretim ekipmanlarının gıda ile temas etmeyen çerçeve ve diğer bölümleri.	Çerçeve ve diğer temasta olmayan yüzeyler (Örneğin, dilimleyiciler, soyucular, paketleme ekipmanları, torbalayıcılar, fiçılar, tanklar, masalar, elektrik kablolar, vb.).	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Bakım araçları	Bitmiş ürün alanında kullanılan bakım araçlarına dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Ürüne yakın ekipmanların kontrol düğmeleri/ ekranları	Düğmeler, ekran yüzeyleri ve temizlenmesi zor diğer alanlara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Havalandırma fanları	Yan kanallar, hava girişi, çark odası vb.	Deniz ürünleri, süt ürünleri, üretimler	Bölge 2, Bölge 3, Bölge 1
Teraziler	Gıda ile temas etmeyen, ambalajlı ürün terazileri vb.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Son ürünün bulunduğu alanda kullanılan perdeler		Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Personel ayakkabı ve çizmeleri	Ayakkabının kenarlarına özellikle dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Açık bitmiş ürünün yer aldığı bölgede soğutucu kapıları ve nakliye için kullanılan diğer kapılar.	Temizlemesi zor olan kauçuk kapı contaları, çatlaklar, aşınmış ve hasarlı alanlara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 2, Bölge 3
Drenajlar	Kapaklara, çatlaklara özellikle önem verilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler.	Bölge 3

Çizelge 2. devam

Numune Noktası	Tanım ve Yorum	Tesisin Türü	ÇİP Bölgesi
Paspaslar	Mevcut çatlak veya yarıklara dikkat göstererek alt taraftan numune alınması önerilmektedir.	Et, deniz ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3, Bölge 2
Yerler, Zeminler	Su biriken noktalar, çatlaklar ve temizlenmesi zor alanlara dikkat edilmelidir. Son ürün alanı yere yakın zeminler Bölge 2'ye girebilir. Diğer zeminler Bölge 3 ve 4 olarak tanımlanır.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3, Bölge 2
Taşıma arabaları	Raflara, kenarlara, tekerleklerle, oyuklara ve temizlenmesi zor diğer alanlara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Zemin/duvar bağlantıları	Gıda ile temas ortamına yakın zemin-duvar birleşimleri Bölge 2 olarak tanımlanırken, diğer bölümlerde yer alanlar Bölge 3 ve 4 olarak tanımlanır.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Ayak banyoları	Ayak banyolarında altta yer alan çatlak veya yarıklara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3, Bölge 4
Temizlik ekipmanları	Demonte olması zor olan ekipmanlara (silecek, paspas, süngerler) özellikle dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Çöp Kutuları	Çöp kutularının alt kısımlarına, çatlak alanlar ve diğer temizlenmesi zor alanlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bitmiş ürüne en yakın çöp kutuları Bölge 2 veya 3 olarak tanımlanır.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
El yıkama lavaboları	İç ve dış, özellikle temizlenmesi zor alanlara önem verilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Arabalar, kaldırımlar, forkliftler ve palet krikoları	Raflara, kulplara, tekerleklerle, bıçakları ve alt taraflarına dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3, Bölge 2
Duvarlar	Gıda ile temas yakınındaki duvarlar belki Bölge 2 olarak sınıflandırılır. Çoğu duvar örnekleme siteleri Bölge 3 veya 4 olacaktır. Çatlaklara ve ıslak alanlara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Tavanlar	Yoğuşma olan alanlara, çatlaklara ve temizlenmesi zor diğer noktalar özel dikkat gösterilmelidir. Tavanda damlalar varsa ürünle temas etme potansiyeli olduğu için Bölge 2 olarak kabul edilebilir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3

Gıda endüstrisinde çevresel izleme programı

Çizelge 2. devam

Numune Noktası	Tanım ve Yorum	Tesisin Türü	ÇİP Bölgesi
Fanlar	Bıçaklara, kapaklara, motorlara ve temizlenmesi zor alanlara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Portatif basamaklar / tabureler/ merdivenler	Eller ve ayakkabıların her ikisinin de temas kurduğu basamaklara özel dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3
Elektrik prizi kapakları	Elektrik prizinin etrafındaki ve içindeki bölgelere dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3, Bölge 4
Sabunluklar	Örnek alan olarak dağıtıcı üzerindeki düğmeler ve temizlemesi zor alanlar alınabilir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 3, Bölge 4
Personel Soyunma Odaları	Üretim alanına doğrudan bağlantılı mola ve soyunma odaları, Bölge 3 olarak kabul edilecektir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 4, Bölge 3
Sevkiyat ve Yükleme Noktaları	Tamponlar ve şerit kapılara dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler.	Bölge 4, Bölge 3
Pencereler	Çatlamış, yoğuşma olmuş ve temizlenmesi zor yüzeylere dikkat edilmelidir.	Et, deniz ürünleri, süt ürünleri, perakende tüm üretimler	Bölge 4, Bölge 3

Çizelge 3. Patojen çevresel izleme programlarının oluşturulmasına yönelik rehber doküman örnekleri (3M & Cornell University, 2019).

Dökümanın Adı	Organizasyon	Hedef Endüstri	Hedef Patojen
Süt Patojenleri El Kitabı	Süt Ürünleri Güvenliği Victoria (Avustralya)	Süt ve Süt Ürünleri	<i>Salmonella</i> ve <i>L. monocytogenes</i>
Risk Altındaki Gıdalarda <i>Listeria monocytogenes</i> Çevresel İzleme ve Düzeltici Faaliyetler Rehberi	Perakende Sanayicileri Derneği	Tüketime Hazır Gıdalar	<i>L. monocytogenes</i>
Tüketime Hazır Gıdalarda <i>Listeria monocytogenes</i> 'in kontrolü: Sanayi Rehberi	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi	Tüketime Hazır Gıdalar	<i>L. monocytogenes</i>
<i>Listeria monocytogenes</i> 'in Kontrolü: ABD Süt Ürünleri Endüstrisi Rehberi	ABD Süt Ürünleri İnovasyon Merkezi	Süt Ürünleri	<i>L. monocytogenes</i>
Taze Ürün Endüstrisi için <i>Listeria</i> Çevresel İzleme ve Kontrol Rehberi	ABD Taze Üretim Ürünleri Derneği	Taze Üretim Ürünleri	<i>L. monocytogenes</i>
FSIS Uyum Kılavuzu: Isıl işlem sonrası Hazır Et ve Kanatlı Ürünlerinde <i>Listeria monocytogenes</i> 'in Kontrolü	ABD Tarım Bakanlığı Gıda Güvenliği ve Denetim Servisi	Tüketime Hazır Gıdalar	<i>L. monocytogenes</i>

Çevresel izleme analiz sonuçları ile ilgili dünya çapında herhangi bir yasal limit bulunmamasına rağmen Avrupa Komisyonu (EC, 2001), temizlik ve sanitasyon sonrası üretim alanında gıda ile temasta olan yüzeyler için 0 ila 10 kob/ cm² arasında mikrobiyel seviyeler önermiştir. Hedef değerler her tesis ve her ürün türü için değişmekle birlikte her bölge için de (Bölge1-4) farklı olabilmektedir. Özellikle indikatör mikroorganiz-

malarda limit oluşturmak için işletmede 6 ila 12 aylık geçmiş verilerin, müşteri şikayetleri ve spesifikasyonlarının incelenmesi gerekmektedir (Channaiah, 2013). Almond Board of California (2009) tarafından sağlanan 'gıda ile temas eden ekipman ve yüzey temizliği için mikrobiyolojik gösterge sınırları' rehberlik sağlaması adına Çizelge 4'te yer almaktadır.

Çizelge 4. Almond Board of California tarafından sağlanan dezenfektanın uygulanmasından önce ve sonra ekipman temizliği için önerilen mikrobiyolojik gösterge limitleri.

İndikatör	Hedef/Kabul edilebilir limitler	Isıl İşlem Sonrası Dezenfektan Öncesi (kob/250 cm ²)	Isıl İşlem - Dezenfektan Sonrası (kob/250 cm ²)
Mikroorganizma			
Aerobik Koloni Sayısı	Hedef Kabul edilebilir	<100 <500	<10 <100
Koliform	Hedef Kabul edilebilir	<10 <100	<10 <50
Toplam <i>Enterobacteriaceae</i>	Hedef Kabul edilebilir	<10 <100	<10 <50

Analiz planının oluşturulması

Çevresel numunelerin sayısı ve yeri, ürüne ve sürece özgü risk seviyelerine göre belirlenmelidir. Geçmişinde pozitif patojen sonuçları olan, su kullanımı ile hareket trafiğinin fazla olduğu ve mikrobiyolojik olarak hassas hammaddelerin işlendiği veya depolandığı alanlardan daha yüksek sıklıkta numune alınmalıdır (3M ve Cornell University, 2019). Numune alma zamanı ise ÇİP'in amacına göre üretim öncesi, ortası veya sonrasında belirlenebilmekte olup amaç hijyen-sanitasyon etkinliğini doğrulamaksa, sanitasyon öncesi, sonrası ve üretim öncesi örnekleme işlemi yapılmaktadır. Gıda işleme planındaki bir ekipmanda üretim sürecinde kontaminasyon şüphesi oluştuğunda, ekipman çalışırken numune alınabilmektedir. Bir sanitasyon prosedüründen sonra, dezenfektan kalıntılarının bakteriler üzerindeki etkisini belirlemek için numune alınmadan önce belirli bir süre beklenmesi ISO 18593: 2018 tarafından tavsiye edilmiştir (Mota vd., 2021). Almond Board of California'nın *Salmonella* spp.'yi önlemek için oluşturduğu patojen çevresel izleme programında yer alan analiz planı Çizelge 5'te yer almaktadır. Çizelge 6'da ise AIB (Amerika Fırıncılar Enstitüsü) tarafından yayınlanan ÇİP kılavuzunda yer alan

çevresel izleme planı örneği bulunmaktadır (Channaiah, 2013).

Gıda üretim tesisleri, ürünleriyle ilgili mikrobiyel risklerini dikkatli bir şekilde değerlendirdikten sonra, yukarıda yer alan örnek planlara uygun olarak ÇİP planı oluşturması ve her işletme için bu planın özelleştirilmesi önerilmektedir.

Analiz metodunun belirlenmesi, analizlerin yapılması ve raporlanması

ÇİP numunelerinin analizleri için sayısız klasik ve hızlı mikrobiyolojik yöntem mevcuttur. Hangi analiz yöntemi seçilirse seçilsin, kullanılan yöntemin doğrulanması en önemli adımlardan bir tanesidir. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) 18593:2018 standardı, gıda üretim zincirinde mikrobiyolojik yüzey örnekleme için kullanılan yatay metotlar ile ilgili bilgi sağlamaktadır. Bu standart numune alma teknikleri, swap çubukları ve sünger/bez yöntemleri, numune alma yeri, alanı, zamanı ve sıklığı açısından numune alma prosedürüne kılavuzluk etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise FDA'nın Bakteriolojik Analitik El Kitabındaki (BAM) yöntemler, analizler için resmi yöntemler olarak kabul edilmektedir.

Bunlara ilaveten her ülkede yayınlanmış ülkeye ve sektöre özgü yöntemler de bulunmaktadır ancak yukarıda belirtilen yöntemler evrensel olarak tanınmakta ve kabul edilmektedir. Yayınlanmış

çoğu standarda göre spesifik mikroorganizmaların tespiti ve mikroorganizma sayılarının belirlenmesi için yaklaşık 100 cm² alandan numune alımı yapılmalıdır (Mota vd., 2020).

Çizelge 5. Numune alma yeri örnekleri, mikrobiyolojik test türü, minimum numune alma sıklığı ve bölgelere göre tipik numune sayısı

Bölge Numarası	Numune Alma Yeri Örnekleri	Mikrobiyolojik Test	Minimum Numune Frekansı	Örnek Sayısı ¹
1	Doğrudan veya dolaylı ürün temas yüzeyleri; örneğin tasnif hatları, ürün konveyörleri, ürün boşaltma kanalları, boru hattı iç kısımları, depolama hunileri, doldurma hunileri, nozullar, ürün sıyrıcılar, mutfak eşyaları, çalışan elleri	İndikatör organizmalar, örn. Toplam Enterobacteriaceae Sayımları (TEB), toplam koliform sayımları. Normalde sadece özel durumlarda <i>Salmonella</i> testi.	Haftalık (Temizlik sonrası, Üretim Öncesi). Ayrıca araştırma için gerektiğinde doğrulama ve onaylama için numune alımı.	Üretim hatlarına bağlı
2	Ürüne hemen bitişik çevresel temas yüzeyleri, örneğin ekipman çerçevesi, destekleri, tünellerin veya dolun kabinlerinin dışı, dolun ekipmanlarının altı, kontrol panellerinde, motor gövdelerinde, iskelelerde, kantarlarda, Bölge 1 yüzeylerinin yakınındaki drenajlar.	<i>Salmonella</i>	Haftalık	10-15
3	Üründen uzak açık ürün alanlarındaki temas yüzeyleri, örneğin el arabaları, forkliftler, duvarlar, kanallar, kanalizasyonlar, zeminler, tavanlar vb.	<i>Salmonella</i>	Haftalık	10-15
4	İşleme alanından uzak alanlar, örneğin depolar, banyolar, soyunma odaları, bakım alanları, kafeterya/mola odaları vb.	<i>Salmonella</i>	Aylık	5-10

¹ Gerekli durumlarda bölge başına belirlenenen daha fazla numune alınabilmektedir.

Çizelge 6. Çevresel izleme programı ve numune alma planı örneği

Bölge Numarası	Numune Yeri	Test Sıklığı	Mikroorganizmalar
Bölge 1	Karıştırıcılar, konveyörler, alet-ekipman, üretim masaları vb.	Haftalık	Toplam Canlı Bakteri (TCB), koliform, maya ve küf <i>Enterobacteriaceae</i> .
Bölge 2	Ekipman çerçevesi, bakım aletleri, damlama kalkanları, muhafazalar, vb.	Haftalık	TCB, koliform, maya ve küf, <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Listeria</i> spp. ve <i>Salmonella</i> spp.
Bölge 3	Duvarlar, zemin, kanalizasyon, havalandırmalar vb.	Haftalık	TCB, koliform, maya ve küf, <i>Listeria</i> spp ve <i>Salmonella</i> spp.
Bölge 4	Ofis alanları, soyunma odaları, bakım odası vb.	Aylık	TCB, koliform, maya ve küf, <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Listeria</i> spp. ve <i>Salmonella</i> spp.

Çevresel analiz sonuçları mikrobiyoloji sorumlusu tarafından raporlanmalı ve çevresel izlemeden sorumlu ekip tarafından belirlenen limitler kapsamında yorumlanmalıdır (Zoellner, vd., 2018). Genellikle patojen belirleme için alınan sürüntü sonuçları zenginleştirme adımlarından sonra pozitif veya negatif olarak rapor edilir (Spanu ve Jordan, 2020). Belirli bir yüzeydeki indikatör mikroorganizmalar sayılırken, ISO 7218:2017 standardında belirtildiği gibi hedeflenen mikroorganizma için kullanılan besiyeri ortamı kapsamında belirli inkübasyon süresi ve sıcaklığı referans alınır. Sonuçlar kob/cm² (koloni oluşturan birim/ numune yüzey alanı) olarak raporlanmaktadır. Analizlerde negatif bir sonucun veya koloni yokluğunun bazen işletmede bu mikroorganizmanın yokluğuna eşit olmadığına ve bunun numune aldığımız yere, tespit sınırlarına, numune miktarına göre değişebileceği gerçeğine dikkat edilmelidir. (Spanu ve Jordan, 2020). Analiz sonuçlarının özellikle patojenler için sürekli negatif çıkması ÇİP programının kontaminasyon kaynaklarının tespit edilmesi noktasında yeterince sağlam olmamasından kaynaklanabilmektedir. Bu gibi durumlarda ÇİP programının gözden geçirilmesi, doğrulanması ve değişen riskler kapsamında revize edilmesi gerekmektedir.

Düzeltilici ve önleyici faaliyetlerin belirlenmesi
ÇİP analiz sonuçlarında hedef limitlerin aşıldığı ve/veya patojen mikroorganizmaların pozitif çıktığı belirlendiği durumlarda gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için mümkün olan en kısa sürede harekete geçilebileceği düzeltici eylem planları önceden belirlenmelidir. Eylem planları bölgelere ve dolayısıyla risk düzeylerine bağlı olarak değişmektedir. Bu eylem planları; acil düzeltici eylemleri (örneğin, dezenfektanların değiştirilmesi, sterilize etme sıklıklarının değiştirilmesi vb.), uygunsuzluğun kök nedenini ve uygunsuzluğun giderildiğinin doğrulanmasını içermelidir (Almond Board of California, 2009). ÇİP sadece bir izleme programı olmakla birlikte mikrobiyel kontaminasyon riskinin tamamen ortadan kaldırılabilmesi için iyi tasarlanmış düzeltici önleyici faaliyetler ile desteklenmesi gerekmektedir. Düzeltilici ve önleyici faaliyet

prosedürleri genel olarak aşağıda yer alan adımları içermektedir.

1. ÇİP takımı uygunsuz sonuçlar kapsamında acil olarak toplanmalıdır.
2. Güvenli olmayan süreçte üretilen ürün “uygunsuz ürün” olarak tanımlanmalı ve ürüne uygulanacak işlemler (uygun, imha, yeniden işleme), mikrobiyolojik analizler sonuçlandıktan sonra karar verilmelidir.
3. Uygun olmayan bölgeler kök neden analizi için incelenmeli ve kontaminasyon kaynağının belirlenmesi amacıyla yüzeylerden swab örnekleri alınmalıdır.
4. Kontaminasyon nedeni tespit edildikten sonra sorunu ortadan kaldıracak düzeltici faaliyetler belirlenmelidir (temizlik kimyasallarının uygunsuzluğu, personelin etkin temizlik yapmaması, kontrollerin yetersizliği, GMP uygulamalarında aksamalar vb.).
5. Düzeltici faaliyetin etkinliğinin izlenmesi için numune/ analiz sıklığı artırılmalıdır.
6. Negatif veya uygun olan sonuçlar elde edildiğinde uygunsuzluğun tekrar yaşanmaması için gereken önleyici faaliyetler belirlenmelidir (eğitim, yatırımlar vb.).
7. Sonuçlar sistem gerekliliğince kayıt altına alınmalıdır.

Her gıda tesisi gıda güvenliğinin amacını ve gerekliliklerini göz önünde bulundurarak risk temelli bir yaklaşımla kendi düzeltici eylem planını oluşturmalıdır. Cinar ve Onbaşı (2018) dondurulmuş meyve ve sebze işletmesinde yaptıkları ÇİP çalışmasında gerçekleştirilen bazı düzeltici faaliyet örnekleri; el yıkama suyunun sıcaklığının ayarlanması, kokusu az ve tahriş ediciliği düşük el dezenfektanı temini, temizliğin etkin yapılması için otomatik dozajlı köpük sistem kurulumu, alet ve ekipmanların kolay temizlenmesi için revize edilmesi (eğitim, çukurların kapatılması vb.) olarak paylaşılmıştır.

SONUÇ

Gıda risk parametreleri mikrobiyolojik olarak değerlendirildiğinde tehlike tanımları günden güne değişmekte ve halk sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri artmaktadır. Modern gıda güvenliği sistemleri bu tehlikeler karşısında

yetersiz kalmakta ve gıda kaynaklı zehirlenmeler hala küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. ÇİP gıda tesislerindeki hijyen ve sanitasyon uygulamalarının etkinliğini değerlendirmek ve çapraz kontaminasyonu önlemek için değerli bilgiler sunan bir izleme sistemidir. HACCP tabanlı gıda kalitesi ve güvenlik sistemlerine ÇİP sisteminin entegrasyonu sistemlerin etkinliğinin mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesine ve gıda güvenliğinin sağlanmasına imkân sunmaktadır. Diğer yandan bu programların tasarımı ve uygulamasına ilişkin literatürde yer alan çalışmaların az olması bu konuda gıda sanayinde boşluklara neden olmaktadır.

Günümüzde bu boşlukların giderilmesi ve ÇİP'lerin kurulumunun yaygınlaştırılması adına dünyanın çeşitli bölgelerinde rehberlik belgeleri ve konuyla ilgili araştırma projeleri giderek daha fazla geliştirilmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu derlemede, literatürde yer alan temel belgelerin, yayınlanan rehberlerin ve çalışmaların sentezi yapılarak 6 aşamalı kurulum metodolojisi önerilmiştir. Mevcut belge gıda sektörü için güncel bilimsel veriler ve uygulanabilmesi için rol modeller sunmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Elif Onbaşı, araştırma fikri ve hipotezinin oluşturulması, yürütülmesi, kaynak taranması ve çalışmanın yazılmasına katkı sağlamıştır. Aycan Cinar, araştırma yönteminin planlanması, denetlenmesi, eleştirel inceleme, yazım ve dil yönüyle düzenlenmesine katkı sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

Adley, C. C., Ryan, M. P. (2016). *The nature and extent of foodborne disease*. In Antimicrobial food packaging. Academic Press, the UK, pp. 1-10.

Almond Board of California, (2009). Pathogen environmental monitoring program (PEM).

https://www.almonds.com/sites/default/files/pem_book.pdf (Accessed: 03.07.2021)

ANSES, (2020). Avis révisé de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la filière de production des préparations en poudre pour nourrissons. (pp. 1-74).

Acciari, V. A., Iannetti, L., Gattuso, A., Sonnessa, M., Scavia, G., Montagna, C., Addente, N., Torresi, M., Zocchi, L., Scattolini, S., Centorame, P., Marfoglia, C., Prencipe, V. A. and Gianfranceschi, M. V. (2016). Tracing sources of *Listeria* contamination in traditional Italian cheese associated with a US outbreak: investigations in Italy. *Epidemiol. Infect.*, 144 (13): 2719-2727.

Beno, S. M., Stasiewicz, M. J., Andrus, A. D., Ralyea, R. D., Kent, D. J., Martin, N. H., Wiedman, M. and Boor, K. J. (2016). Development and validation of pathogen environmental monitoring programs for small cheese processing facilities. *J. Food Prot.*, 79(12): 2095-2106.

Cappitelli, F., Polo, A., Villa, F. (2014). Biofilm formation in food processing environments is still poorly understood and controlled. *Food Eng. Rev.*, 6: 29-42.

Centers for Disease Control and Prevention, (2016). Foodborne germs and illnesses. <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodbornegerms> (Accessed: 06.07.2021)

CDC, (2016). Keeping America Safe From Health Threats New And Old. <https://www.cdc.gov/media/releases/2016/p1214-2016-EOY-dpk.html> (Accessed: 03.07.2021)

Cinar, A., Onbaşı, E. (2020). Monitoring environmental microbiological safety in a frozen fruit and vegetable plant. *Food Sci. Technol. (Campinas)*, 41: 232-237. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.10420>.

Channaiah, L. (2013). Environmental monitoring program: an early warning system for microbiological hazards. https://www.aibinternational.com/aibonline/www.aibonline.org/newsletter/Magazine/Nov_D

- ec2013/EPMEarlyWarningHazards.pdf (Accessed: 12.06.2021)
- Chapin, T. K., Nightingale, K. K., Worobo, R. W., Wiedmann, M., & Strawn, L. K. (2014). Geographical and meteorological factors associated with isolation of *Listeria* species in New York State produce production and natural environments. *J. Food Prot.*, 77(11): 1919-1928. doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-132.
- EFSA-ECDC, (2019). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA J.* 17: 1-276.
- EN 17141:2020. Cleanrooms and associated controlled environments – Biocontamination control (for final approval prior to publication). <https://www.en-standard.eu/bs-en-17141-2020-cleanrooms-and-associated-controlled-environments-biocontamination-control/>. (Accessed: 12.06.2021)
- FDA. (2017). Draft guidance for industry: Control of *Listeria* monocytogenes in ready-to-eat foods (FDA-2008-D-0096). <https://www.fda.gov/media/102633/download> (Accessed 11.05.2021).
- FDA, (2021). Recalls, Market Withdrawals, & Safety Alerts. <https://www.fda.gov/safety/recalls-market-withdrawals-safety-alerts>. (Accessed 02.06.2021).
- FIL-IDF. (2020). Processing environment monitoring. <https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/06/IDF-factsheet-Processing-Environment.pdf> (Accessed 02.06.2021).
- Fukushima, K. (2019). Mandatory implementation of HACCP-based food hygiene control. *Food Hyg. Safe. Sci.*, 60(5): 108-111.
- Hoffmann, S., Scallan, E. (2017). *Epidemiology, cost, and risk analysis of foodborne disease*. In Foodborne Diseases, Academic Press, the UK, pp. 1-10.
- Hasnan, N. Z. N., Mohd Ramli, S. H. (2020). Modernizing the preparation of the Malaysian mixed rice dish (MRD) with Cook-Chill Central Kitchen and implementation of HACCP. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 19: 100193. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100193>
- ISO 7218:2007, (2007). Microbiology of food and animal feeding stuffs - General requirements and guidance for microbiological examinations. <https://www.iso.org/standard/64950.html> (Accessed 02.06.2021).
- ISO 18593:2018, (2018). Microbiology of the food chain - Horizontal methods for surface sampling. <https://www.iso.org/standard/64950.html> (Accessed 02.06.2021).
- Jemmi, T., Stephan. R. (2006). *Listeria* monocytogenes: Food-borne pathogen and hygiene indicator. *Rev. Sci. Tech. Oie.*, 25(2): 571-580.
- Jones, G., de la Gandara, M. P., Herrera-Leon, L., Herrera-Leon, S., Martinez, C. V., Hureauux-Roy, R., Abdallah, Y., Nisavanh, A., Fabre, L., Renaudat, C., Mossong, J., Mattheus, W., Huard, C., Le Borgne, C. L., Valk. H., Weill, V.X. and Jourdan-Da Silva, N. (2019). Outbreak of *Salmonella* enterica serotype Poona in infants linked to persistent *Salmonella* contamination in an infant formula manufacturing facility, France, August 2018 to February 2019. *Euro Surveill.*, 24(13): 1900161.
- Jung, J., Bir, C., Widmar, N. O., & Sayal, P. (2021). Initial Reports of Foodborne Illness Drive More Public Attention Than Do Food Recall Announcements. *J. Food Prot.*, 84(7): 1150-1159.
- Kase, J. A., Zhang, G., & Chen, Y. (2017). Recent foodborne outbreaks in the United States linked to a typical vehicles lessons learned. *Curr. Opin. Food Sci.*, 18: 56-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2017.10.014>.
- Magdovitz, B. F., Gummalla, S., Thippareddi, H., & Harrison, M. A. (2020). Evaluating environmental monitoring protocols for *Listeria* spp. and *Listeria* monocytogenes in frozen food manufacturing facilities. *J. Food Prot.*, 83(1): 172-187.
- Mazaheri, T., Cervantes-Huamán, B. R., Bermúdez-Capdevila, M., Ripolles-Avila, C., & Rodríguez-Jerez, J. J. (2021). *Listeria* monocytogenes biofilms in the food industry: is

- the current hygiene program sufficient to combat the persistence of the pathogen?. *Microorganisms*, 9(1): 181. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010181>
- Moldenhauer, J. E., J. E. Akers, D. R. Ashtekar, J. Christensen, A. M. Cundell, P. DeSantis, M. B. Dolan, R. A. Fry, M. Ganatra, J. L. Gaudet, J. M. Jordan, A. J. Karren, P. Martinez, J. Mateffy, W. R. McCullers, J. A. Nakamatsu, P. J. Noverini, S. J. O'Brien, D. B. Reber, M. S. Rozo, G., Seixas, G., Tin, N. E., Tomoney, F., van der Zanden, A. L., Vellutato, Jr., and R. B. White. (2014). Fundamentals of an environmental monitoring program. Technical report no. 13 (revised). Parenteral Drug Association, Bethesda, MD. https://store.pda.org/TableOfContents/TR13_TOC.pdf (Accessed 05.06.2021).
- Mota, J. D. O., Boue, G., Prevost, H., Maillet, A., Jaffres, E., Maignien, T., ... & Federighi, M. (2021). Environmental monitoring program to support food microbiological safety and quality in food industries: a scoping review of the research and guidelines. *Food Control*, 130: 108283. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108283>
- Muhterem-Uyar, M., Dalmasso, M., Bolocan, A. S., Hernandez, M., Kapetanakou, A. E., Kuchta, T., Manios, S. G., Melero, B., Minarovicovaa, J., Nicolau, A. I., Rovira, J., Skandamis, P. N., Jordan, K., Rodriguez-Lazaro, D., Stessl, B., & Wagner, M. (2015). Environmental sampling for *Listeria monocytogenes* control in food processing facilities reveals three contamination scenarios. *Food Control*, 51: 94-107. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.042>
- National Fisheries Institute, (2018). Ready-to-eat seafood pathogen control manual. Virginia, USA: <https://www.aboutseafood.com/wp-content/uploads/2018/04/RTE-Manual-Second-edition-April-2018.pdf> (Accessed 13.06.2021).
- Oliver, S.P. (2019). Foodborne pathogens and disease special issue on the national and international PulseNet network. *Foodborne Pathog. Dis.*, 16(7): 439-440.
- Onbaşı, E. (2020). Keşkül üretiminde HACCP sistemi ve Çevresel İzleme Programının (ÇİP) uygulanması. Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 137 s.
- Onmaz, N.E., Karadal, F., Hızlısoy, H. (2016). Gıda Güvenliği Açısından İndikatör Mikroorganizmalar. *Türkiye Klinikleri J. Food Hyg. Technol.*, 2(3): 64-8.
- Özdemir, H. (2018). Ürün geri çağırma tüketicileri nasıl etkiler? Marka imajı ve satın alma davranışı üzerine bir araştırma. *Third Sect. Rev.*, 53(3): 1198-1208.
- Panghal, A., Chhikara, N., Sindhu, N., & Jaglan, S. (2018). Role of food safety management systems in safe food production: A review. *J. Food Saf.*, 38(4): e12464. <https://doi.org/10.1111/jfs.12464>
- Rodríguez-Marval, M., Kendall, P.A., Belk, K.E., Sofos, J.N., (2010). Inactivation of *Listeria monocytogenes* during reheating of frankfurters with hot water before consumption. *Food Prot. Trends*. 30: 16e24. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X-67.2.295>
- Russo, E. T., Biggerstaff, G., Hoekstra, R. M., Meyer, S., Patel, N., Miller, B., Quick, R. and *Salmonella* Agona Outbreak Investigation Team. (2013). A recurrent, multistate outbreak of *Salmonella* serotype Agona infections associated with dry, unsweetened cereal consumption, United States, 2008. *J. Food Prot.*, 76(2): 227-230. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-209>
- Simmons, C. K., Wiedmann, M. (2018). Identification and classification of sampling sites for pathogen environmental monitoring programs for *Listeria monocytogenes*: Results from an expert elicitation. *Food Microbiol.*, 75: 2-17.
- Smith, A. M., Tau, N. P., Smouse, S. L., Allam, M., Ismail, A., Ramalwa, N. R., Disenyeng, B., Ngomane, M and Thomas, J. (2019). Outbreak of *Listeria monocytogenes* in South Africa, 2017–2018: laboratory activities and experiences associated with whole-genome sequencing analysis of isolates. *Foodborne Pathog. Dis.*, 16(7): 524-530.

- Spanu, C., & Jordan, K. (2020). *Listeria monocytogenes* environmental sampling program in ready-to-eat processing facilities: A practical approach. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 19(6): 2843-2861.
- Swaminathan, B., & Gerner-Smidt, P. (2007). The epidemiology of human listeriosis. *Microb. Infect.*, 9: 1236-1243.
- Thomas, J., Govender, N., McCarthy, K. M., Erasmus, L. K., Doyle, T. J., Allam, M., Ismail, A., Ramalwa, N., Sekwadi, P., Ntshoe, G., Shonhiwa, A., Essel, V., Tau, N., Smouse, S., Ngomane, H. M., Disenyeng, B., Page, N. A., Govender, N. P., Duse, A. G., Stewart, R., Thomas, T., Mahoney, D., Tourdjman, M., Disson, O., Thouvenot, P., Maury, M. M., Leclercq, A., Lecuit, M., Smith, A. M., & Blumberg, L. H. (2020). Outbreak of Listeriosis in South Africa Associated with Processed Meat. *NEJM*, 382(7): 632-643.
- United Fresh Produce Association, (2018). Guidance on environmental monitoring and control of *Listeria* for the fresh produce industry second education. Washington: United Fresh Produce Association. <https://www.centerforproducesafety.org/amass/documents/document/263/ListeriaGuidanceUFPA2013.pdf> (Accessed 17.06.2021).
- U.S. Food and Drug Administration- FDA. (2015). FSMA final rule for preventive controls for human food. Current good manufacturing practice and hazard analysis and risk-based preventive controls for human food. Maryland: FDA. <https://www.fda.gov/food/food-safety-modernization-act-fsma/fsma-final-rule-preventive-controls-human-food> (Accessed 13.06.2021).
- 3M, & Cornell University. (2019). Environmental monitoring handbook for the food and beverage industries. USA: 3M. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1684575O/environmental-monitoring-handbook.pdf> (Accessed 10.06.2021).
- Weigel, G. (2019). The true costs of food recalls. Smart sense food safety. Retrieved from: <https://blog.smartsense.co/costs-of-food-recalls> (Accessed 10.06.2021).
- WHO. (2015). WHO Estimates of the global burden of foodborne diseases. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165_eng.pdf (Accessed 13.06.2021).
- World Health Organisation (WHO, 2020). Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> (Accessed 13.06.2021).
- Zacharski, K. A., Southern, M., Ryan, A., & Adley, C. C. (2018). Evaluation of an environmental monitoring program for the microbial safety of air and surfaces in a dairy plant environment. *J. Food Prot.*, 81: 1108-1116.
- Zoellner, C., Ceres, K., Ghezzi-Kopel, K., Wiedmann, M., & Ivanek, R. (2018). Design elements of *Listeria* environmental monitoring programs in food processing facilities: A scoping review of research and guidance materials. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 17(5): 1156-1171.

İçindekiler / Content

Araştırmalar (İngilizce) / Researches (English)

- Güneş, E., Aydın, F., Çakır, İ. *Enzymatic characterization of yeast isolated from naturally fermented herbs* / Fermente salamura otlardan izole edilen mayaların enzimatik karakterizasyonu 1081-1091
- Dadalı, C. *Influence of water hardness on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee* / Su sertliğinin Türk kahvesinin uçucu bileşenlerine ve duysal özelliklerine etkisi 1183-1194
- Üçok Alakavuk, D., Tosun, Ş.Y., Tunçelli, İ.C. *Immediate effect of different pasteurization temperatures (50°C and 70°C) on the quality parameters of shrimp (Parapenaeus longirostris)* / Farklı pastörizasyon sıcaklıklarının (50°C ve 70°C) karidesin (*Parapenaeus longirostris*) kalite parametreleri üzerindeki ani etkisi 1205-1217
- Algan Cavuldak, Ö. *Determination of the extraction conditions of phenolic compounds from Arbutus unedo L. leaves* / *Arbutus unedo* L. yapraklarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi 1218-1232
- Çelik, İ., Göncü, A. *Effects of hibiscus (Hibiscus sabdariffa L.) and poppy (Papaver rhoeas L.) extracts on dough and bread properties* / Hibiskus (*Hibiscus sabdariffa* L.) ve gelincik (*Papaver rhoeas* L.) ekstraktlarının ekme hamuru ve ekme özellikleri üzerine etkileri 1270-1278
- Rayman Ergün, A., Tekgül, Y. *Production of quince jam with Ginkgo biloba extract as a pectin substitute: Effects on physicochemical, microbiological, rheological and sensory qualities* / Pektin ikamesi olarak *Ginkgo biloba* özü ile ayva reçeli üretimi: Fizikokimyasal, mikrobiyolojik, reolojik ve duysal kalite üzerine etkileri 1301-1312

Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Kolcuoğlu, G., Halkman, A.K. *Çeşitli bitkisel ekstraktlar ve kombinasyonlarının köftede antimikrobiyel etkisinin araştırılması* / *Investigation of the antimicrobial effect of various herbal extracts and combinations in meatball* 1092-1104
- Aydınlık, P., Karagül Yüceer, Y. *Mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen Pelargonium graveolens (tır) esansiyel yağının karakteristik bazı özellikleri* / *Characteristic some properties of Pelargonium graveolens (Rose-scented geranium) essential oil obtained by microwave-assisted hydrodistillation method* ... 1117-1131
- Kılıç, S. *Domates örneklerinde kurşun ve kadmiyum kontaminasyonunun sağlık risk değerlendirilmesi* / *Health risk assessment of lead and cadmium contamination in tomato samples* 1132-1137
- Koyuncu, B., Demir, M.K., Olcay, N. *Farklı kurutma metotları ile elde edilen hünnap (Zizyphus jujuba) meyve tozlarının bisküvi üretiminde kullanım olanakları* / *The usage possibilities of jujube (Zizyphus jujuba) fruit powders obtained by different drying methods in biscuit production* 1158-1170
- Sağlam, A., Masatcioğlu, M.T. *RASFF sisteminde tahıl ve fırıncılık ürünlerinin aflatoksin ve okratoksin A düzeyleri ve Hatay yöresi buğdaylarının bu mikotoksinler açısından değerlendirilmesi* / *Analysis of RASFF notification on cereal and bakery products and evaluation of the aflatoxin and ochratoxin A in wheat from Hatay region* 1195-1204
- Çetinkaya, A. *Kars piyasasında satışa sunulan yoğurt, Beyaz peynir ve Kars Kaşar peynirlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi* / *Determination of physical and chemical properties of yogurts, White cheese and Kars Kaşar cheese sold in Kars, Turkey* 1232-1242
- Öge, Ç., Karagül Yüceer, Y. *Yayıkaltı içeceğinin fizikokimyasal ve duysal özellikleri ile uçucu bileşenlerinin belirlenmesi* / *Determination of physicochemical and sensory properties and volatile compounds of buttermilk drink* 1243-1255
- Özdemir, K.S. *Keten tohumu yağı ve ayçiçek yağından farklı vaksalar kullanılarak oluşturulan oleojellerin bisküvi kalitesi üzerine etkileri* / *Effect of sunflower oil and flaxseed oil based oleogels formed by different waxes on the quality of biscuits* 1279-1288
- Chobdar Rahim, S., Hossein Zadeh, J., Pazır, F., Ova, G. *Farklı çözümler ve çözümler karışımları ile ekstraksiyonun safran (Crocus sativus L.) toplam biyoaktif bileşen miktarına etkisi* / *The effect of extraction with different solvents and solvent mixtures on the total amount of bioactive components of saffron (Crocus sativus L.)* 1289-1300
- Onbaşı, E., Cinar, A. *Çevresel izleme programı: Gıda endüstrisinde mikrobiyolojik güvenliği destekleyen erken uyarı sistemi* / *Environmental monitoring program: An early warning system supporting microbiological safety in the food industry* 1313-1330

Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

- Tiryaki Gündüz, G., Güleriyüz, Ö. *Meyve ve sebzelerin dekontaminasyonunda su destekli UV-C sisteminin kullanılması* / *The use of water assisted UV-C system in the decontamination of fruits and vegetables* 1069-1080
- Erdogan, B., Görür, A., Peksever, D., Sümer, O., Nehir El, S. *Sürdürülebilir protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri ve tüketici kabulü* / *Nutritional value and consumer acceptance edible insects as a sustainable source of protein* 1105-1116
- Can, B., Bayram, H.M., Öztürkcan, S.A. *Çevresel sorunlara karşı çözüm önerileri: Güncel sürdürülebilir beslenme uygulamalarına genel bakış* / *Solution recommendations for environmental problems: Overview of current sustainable nutrition practices* 1138-1157
- Aksu, B.M., Özbey, F. *D vitamini ile zenginleştirilmiş yoğurt tüketimi ve sağlık üzerine etkileri* / *Consumption of yogurt fortified with vitamin D and effects on health* 1171-1182
- Yıldız Turp, G., Ayşegül Atalı, A. *Et ürünlerinde tuzun fonksiyonları, tuz azaltılması amacıyla kullanılan ikame katkıları ve etkileri* / *The functions of salt, substitute additives used for salt reduction and their effects in meat products* 1256-1269