

GIDA



THE JOURNAL OF FOOD

E-ISSN 1309 - 6273, ISSN 1300 - 3070

CİLT / VOLUME : 45

SAYI / NUMBER : 6

YIL / YEAR : 2020

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> Bezirtzoglou, Eugenia; <i>Democritus University of Thrace, Greece</i> Bozkır, Hamza; <i>Sakarya Uygulamalı Bilimler University, Turkey</i> Çilak, Gizem Ö.; <i>Hittit University, Turkey</i> Draughon, Ann <i>Tennessee University, USA</i> El Soda, <i>Morsi University of Alexandria, Egypt</i> Erbay, Zafer; <i>Adana Bilim ve Teknik University, Turkey</i> Evren, Mustafa; <i>Ondokuz Mayıs University, Turkey</i> Fogliano, Vincenzo <i>University of Napoli Federico II, Italy</i> Gerçekaslan, K. Emre; <i>Neşehir Hacı Bektaş Veli University, Turkey</i> Ghosh, Bikash C. <i>National Dairy Research Institute, India</i> Gollop, Natan <i>The Volcani Center, ARO, Israel</i> Griffiths, Mansel <i>University of Guelph, Canada</i> Güneşer, Onur; <i>Uşak University, Turkey</i> Güven, Esra Ç.; <i>İstanbul Teknik University, Turkey</i> Ho, Chi-Tang <i>The State University of New Jersey, USA</i> Hoşoğlu, Müge I.; <i>Gebze Teknik University, Turkey</i> Hüner, İrem D.; <i>Trakya University, Turkey</i> Kahraman, Kevser; <i>Abdullah Gül University, Turkey</i> Karaca, Hakan; <i>Pamukkale University, Turkey</i> Koçan, Deniz; <i>Aksaray University, Turkey</i> Konuşkan, Dilşat B.; <i>Mustafa Kemal University, Turkey</i> 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 ÇOLAKOĞLU, A. Sinan; <i>Kabramanmaraş Sütçü İmam 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>	
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 58. Sokak No: 20/1 Bahçelievler / Ankara Tel : (+90) 312 925 25 95 e-mail: simajans@simajans.com	
Yayın Tarihi / Publication Date 15 12 2020	

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)

- Dulger Altıner, D., Mete, M. *An investigation of the effect of chestnut flour additive on the nutritional and quality properties of noodle* / Kestane unu katkısının eriştenin besleyici ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması **1061-1072**
- Yaver, E., Bilgiçli, N. *Effect of transglutaminase on quality attributes of noodle enriched with germinated mung bean flour* / Transglutaminazın çimlendirilmiş maş fasulyesi unu ile zenginleştirilmiş eriştenin kalite özellikleri üzerine etkisi **1097-1108**
- Yüksel, A. N. *Modeling foam-mat drying characteristics of banana under microwave conditions* / Mikrodalga koşullarında muzun köpük kurutma özelliklerinin modellenmesi **1134-1142**
- Kahve, H. İ., Duran, A. *Evaluation of the effect of chitosan coating on microbiological and oxidative properties of refrigerated beef* / Kitosan kaplamanın soğutulmuş saklanan etlerin mikrobiyolojik ve oksidatif özelliklerine etkisinin belirlenmesi **1154-1162**
- Öncül, N., Yıldırım, Z. *Growth ability of bacteriocinogenic strains in milk and their bacteriocin activity against cheese starter cultures* / Bakteriyosinjenik suşların sütte gelişmeleri ve bakteriyosinlerinin peynir kültürlerine karşı aktiviteleri **1175-1187**
- Köprülalan, Ö., Elmas, F., Bodruk, A., Ankaya, Ş., Koç, M., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F. *Drying kinetics of reduced fat white cheese dried by different methods* / Farklı yöntemler ile kurutulmuş yağ azaltılmış beyaz peynirin kurutma kinetiği . . **1201-1214**

Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Öncül, M., Sekman, Y., Kınıklı, F., Artukoğlu, M. M. *Gıda seçim tarzlarına göre tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma davranışlarının incelenmesi: İzmir ili örneği* / Examination of consumers' purchasing behaviour of dairy products by food choice styles: A research on milk and dairy products **1047-1060**
- Özyurt, V. H., Tetik, I., Tetik, P., Saralı, H., Ötleş, S. *Fındık zarı yağının ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonu ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi* / Optimization of hazelnut skin oil extraction parameters and evaluation of its physicochemical properties **1073-1082**
- Aydemir, O., Kurt, A. *Farklı pastörizasyon koşullarının beyaz peynirin reolojik, tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkisi* / The effect of different pasteurization conditions on the rheological, textural and sensory properties of white cheese **1083-1096**
- Aslan, B., Özden Tuncer, B. *Sucuktan izole edilen pediococcus suşlarının bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi* / Determination of some technological properties of pediococcus strains isolated from sucuk **1109-1120**
- Erinç, H. *Farklı boyutlarda kinoa kepek unu kullanımının bisküvilerin fiziksel, duyuşal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi* / The effect of different sized quinoa bran flour usage on the physical, sensory and textural properties of biscuits **1121-1133**
- Erinç, H., Alaşalvar, H. *Konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş yağın yağsız süt tozu ve maltodekstrin karışımı ile mikroenkapsülasyonu ve mikrokapsüllerin karakterizasyonu* / Microencapsulation of an oil rich in conjugated linoleic acid with skimmed milk powder and maltodextrin mixture and their characterization **1143-1153**
- Koyuncu, G., Cabaroğlu, T. *Adana ilinde yetiştirilen Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin kalite özelliklerinin ve aroma bileşiklerinin belirlenmesi* / Determination of quality parameters and volatile compounds of Gemlik olive variety grown in Adana . . . **1163-1174**
- Alptekin, E., Bölek, S. *Kafeinsiz kahve benzeri içecek üretimi için maş fasulyesi (Vigna radiata) kullanımı* / Use of mung bean (Vigna radiata) for the production of caffeine-free coffee-like beverages **1227-1236**
- Güldane, M., Doğan, M. *Köpük helva üretim parametrelerinin renk ve yoğunluk özelliklerine etkisi: Taguchi matematiksel model optimizasyonu* / The effect of process parameters on color and density properties of foam halva: Taguchi mathematical model optimization **1248-1260**

Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

- Ebrar Kırtıl, H., Metin, B., Arıcı, M. *Peynir küfü olarak Penicillium roqueforti'nin taksonomisi, morfolojik, genetik ve metabolik özellikleri* / Taxonomy, morphological, genetic and metabolic characteristics of Penicillium roqueforti as a cheese mold **1188-1200**
- Akdeniz Oktay, B., Yeşim Özbaş, Z. Y. *Fermente gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkileri* / The effects of fermented foods on human health **1215-1226**
- Çağla Özer, Ç., Sezgin Ünal, S. *Glutomatik 4+2 sistemi ile gluten indeks parametresine yeni bir bakış* / A new prospect to gluten index parameter with glutomatic 4+2 **1237-1247**
- Erkan Yalçın, E., M. Tuğrul Masatcıoğlu, M. T., Betül Cındık, B. *Normal, mumlu (waxy) ve yüksek amilozlu nişastalar ve gıdalardaki fonksiyonel özellikleri* / Normal, waxy and high-amylose starches and their functional properties in foods **1261-1271**



GIDA SEÇİM TARZLARINA GÖRE TÜKETİCİLERİN SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ SATIN ALMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ: İZMİR İLİ ÖRNEĞİ

Melike Öncül¹, Yusuf Sekman², Filiz Kınıklı^{2*}, M. Metin Artukoğlu²

¹ Ecocert Imo Turkey

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

Geliş / Received: 28.04.2020; Kabul / Accepted: 14.07.2020; Online baskı / Published online: 12.10.2020

Öncül, M., Sekman, Y., Kınıklı, F., Artukoğlu, M.M. (2020). Gıda seçim tarzlarına göre tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma davranışlarının incelenmesi: İzmir ili örneği. *GIDA* (2020) 45(6)1047-1060 doi: 10.15237/gida.GD20060.

Öncül, M., Sekman, Y., Kınıklı, F., Artukoğlu, M.M. (2020). Examination of consumers' purchasing behaviour of dairy products by food choice styles: a research on milk and dairy products. *GIDA* (2020) 45(6)1047-1060 doi: 10.15237/gida.GD20060.

ÖZ

Satın alma davranışı sosyal, kültürel, psikolojik ve kişisel faktörlerden etkilendiğinden dolayı, kişiler homojen özellik göstermemektedirler. Bu çalışmada gıda seçim tarzlarına göre gruplara ayrılan tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma davranışları incelenmiştir. İzmir ili merkez ilçelerde yapılan anketler ile 300 tüketiciden elde edilen veriler kullanılmıştır. Tüketicilerin gıda seçim tarzlarının belirlenmesi için Gıda Seçimi Soru Formu (Food Choice Questionnaire) kullanılmıştır. Tüketicileri gruplandırmak amacı ile kümeleme analizi uygulanmış ve tüketiciler üç gruba ayrılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, sağlıklı ve ekonomik tüketicilerin süt ve süt ürünleri harcamalarının daha fazla olduğu görülmüştür. Tüketiciler süt ve süt ürünlerinin ambalajlı olmasına dikkat etmekte ve ambalajda son kullanma tarihinin yazmasını önemsemektedirler. Genel olarak süpermarketlerden alışveriş yapan tüketiciler süt ve süt ürünleri satın alırken plansız satın alma eğilimindedirler.

Anahtar kelimeler: Süt tüketimi, Tüketici tercihi, Ambalaj, Plansız satın alma

EXAMINATION OF CONSUMERS' PURCHASING BEHAVIOUR OF DAIRY PRODUCTS BY FOOD CHOICE STYLES: A RESEARCH ON MILK AND DAIRY PRODUCTS

ABSTRACT

The behavior of purchasing is affected by the factors of social, cultural, psychological so that people have not shown homogenous specifications. As a result of that different purchasing activities have been realized vary from person to person. In this study, dairy products purchasing behaviours of consumers divided into groups according to food choice styles were investigated. Data were collected from 300 consumers using a Food Choice Questionnaire in the central districts of İzmir. Cluster analysis was applied. So, consumers divided into three groups to food choice styles. According to research conclusions; healthy and economic consumers spend more on dairy products. Consumers are care about packaging of dairy products and care about best before date. Generally, consumers tend to impulse buying when purchasing dairy products.

Keywords: Milk consumption, Consumer preference, Packaging, Impulse buying

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: filiz.kinikli@ege.edu.tr,

☎: (+90) 232 311 5890

☎: (+90) 232 388 1862

Melike ÖNCÜL; ORCID no: 0000-0002-0771-6170

Yusuf SEKMAN; ORCID no: 0000-0002-2627-7978

Filiz KINIKLI; ORCID no: 0000-0001-8677-0310

M. Metin ARTUKOĞLU; ORCID no: 0000-0003-4800-5209

GİRİŞ

Süt ve süt ürünleri, insanların sağlıklı gelişimi için birçok besin maddesini içinde bulundurmasından dolayı, hayatın her evresinde tüketimi önemli yer tutmakta ve en çok ihtiyaç duyulan besin maddeleri arasında yer almaktadır (Çelik, 2002). Bir litre süt, içeriğindeki yağ, protein ve laktoz miktarlarına göre ortalama bir kişinin günlük ihtiyaç duyduğu kalori miktarının büyük bir bölümünü karşılamaktadır (Çetinkaya, 2010; Karakaya ve Akbay, 2013). Ülkeler arasında bir gelişmişlik ölçütü olarak da kullanılan süt ve süt ürünleri tüketimi, sağlıklı ve dengeli beslenen toplumlarda daha yüksektir. Ulusal Süt Konseyi tarafından hazırlanan 2018 yılı süt raporuna göre Türkiye’de yıllık kişi başı içme sütü tüketimi yaklaşık 41.5 kg’dır. Bu rakamın gelişmiş ülkelerde 100 kg’ın üstüne çıktığı görülmüştür (USK, 2018). İnsan beslenmesinde önemi büyük olan süt ve süt ürünleri hijyenik koşullarda üretilmediği, saklanmadığı, işlenmediği ve gerekli kontroller yapılmadığı takdirde insan sağlığı açısından zararlı olabilmektedir. Bu noktada süt ve süt ürünlerinin hijyenik bir şekilde ambalajlanması ve korunması oldukça önemlidir. Çünkü ambalaj hem ürünün korunup saklanması hem de tüketicilere sağlamış olduğu kullanım ve taşıma kolaylığı açısından önemli bir unsurdur. Türkiye’de üretilen içme sütünün yaklaşık %92’si UHT olarak piyasaya sürülmektedir (USK, 2018).

Kaliteli ve güvenli gıda tüketimi tüketiciler için hayati bir öneme sahiptir. Özellikle dayanıklılığı düşük olan süt ve süt ürünlerini satın alırken bu durum daha da fazla önem arz etmektedir. Literatürde daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketimi ile ilgili yapılan pek çok çalışma olduğu görülmüştür (Yüzbaşı vd., 1999; Andiç vd., 2002; Açıkgozöğlü, 2006; Akbay ve Tiryaki, 2008; Özel, 2008; Tiryaki ve Akbay, 2009; Sütütemiz vd., 2009; Çetinkaya, 2010; Aybek, 2011; Demircan vd., 2011; Karakaya ve Akbay, 2013; Örmeci Kart ve Demircan, 2014; Onurlubaş ve Çakırlar, 2016; Gök vd., 2017). Çeşitli illerde ve süt ve süt ürünleri tüketiminin farklı noktalarını ele alan bu çalışmalar dikkate alındığında, konunun önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma davranışlarının incelenmesinin güncel ve gerekli olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada gıda seçim tarzlarına göre gruplara ayrılan tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte tüketicilerin, ambalaj faktörüne verdikleri önem, ambalajlı süt ve süt ürünlerinde bulunmasını önemsedikleri bilgiler ve market alışverişi sırasında plansız satın alma davranışı sergileme durumlarının incelenmesi de çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın birincil verilerini İzmir ili merkez ilçelerde (Karabağlar, Buca, Bornova, Konak, Karşıyaka, Bayraklı, Çiğli, Gaziemir, Balçova, Narlıdere, Güzelbahçe) yaşayan tüketiciler ile yapılan anketler oluşturmaktadır. İkincil veri kaynaklarını ise, konu ile benzer önceden yapılmış, makale, tez, proje raporları vb. oluşturmaktadır.

Örnek hacmi oransal örnekleme yöntemine göre hesaplanmış ve N büyüklüğündeki sonlu bir ana kitle için belli bir özelliği taşıyanların bilinen veya tahmin edilen oranına (p) göre örnek hacmi formülü aşağıda belirtilmiştir (Newbold, 1995).

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

n= Örnek hacmi, N= İzmir ili hane halkı nüfusu, p= Maksimum örnek hacmine ulaşmak için p 0.50

alınmıştır. $\sigma_{\hat{p}_x}^2$ = Oranın varyansı

Oransal örnekleme yöntemine göre, örnek hacmi % 90 güven aralığı ve % 5 hata payı esas alınarak 271 olarak hesaplanmıştır. Örnek hacmi 300’e tamamlanmıştır.

Anketler İzmir ili merkez ilçelerde (Karabağlar, Buca, Bornova, Konak, Karşıyaka, Bayraklı, Çiğli, Gaziemir, Balçova, Narlıdere, Güzelbahçe) yapılmıştır. İlçelerin nüfuslarına göre oransal olarak dağıtım yapılarak, her ilçede yer alan büyük marketlerin önlerinde anketler yapılmıştır. Anket sonucu elde edilen veriler SPSS 20 paket program kullanılarak temel tanımlayıcı istatistikler halinde çizelgeler şeklinde özetlenmiştir. Tüketiciler Steptoe ve arkadaşları (1995) tarafından geliştirilmiş olan gıda seçim soru formu (Food Choice Questionnaire, FCQ) kullanılarak gıda seçim tarzlarına göre gruplara ayrılmıştır. Gıda tercihlerinin incelenmesi amacıyla geliştirilen

ölçek, geçerliliği ve güvenilirliği kabul görmüş, uzun yıllardır literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Dikmen vd., 2016). Ölçeğin hedef kitleye uygunluğunu test etmek amacıyla faktör analizi kullanılmıştır. Faktör analizi, karşılıklı ilişki içerisinde olan çok sayıdaki değişkenin azaltılarak, daha iyi açıklanabilmesi için birkaç faktöre indirgenmesidir (Hair vd., 2010). Faktör analizi sonucunda ölçeğin ve faktörlerin güvenilir olup olmadığını test etmek amacıyla Güvenilirlik Analizi (Reliability Analysis) kullanılmıştır. Faktör analizi sonuçlarından yararlanarak, tüketicileri gıda seçim tarzlarına göre homojen gruplara ayırmak için kümeleme analizi uygulanmıştır.

Kümeleme analizi, gözlemleri gruplar veya kümeler halinde bir araya getirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Malhotra 2010, Hair vd. 2010). Amacı, gözlemleri dikkate alınan değişkenlere bağlı olarak mümkün olduğu kadar homojen kümeler halinde gruplandırmaktır. Kümeleme analizi sonucunda gıda seçim tarzlarına göre gruplara ayrılan tüketicilerin sosyodemografik özellikleri, süt ve süt ürünü satın alma davranışları ile plansız satın alma davranışlarını belirlemek amacıyla temel tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Kategorik değişkenler için ki-kare testi yapılmıştır. Sürekli değişkenler için Kolmogorov-Smirnov testi ile normal dağılım testi yapılmıştır. Normal dağılım göstermediği belirlenen değişkenler Kruskal-Wallis testi uygulanarak gruplar arasında fark olup olmadığı incelenmiştir. Kruskal Wallis testi sonucuna göre çıkan farkların post hoc değerlendirmesi SPSS programı yardımı ile ikili karşılaştırmalarla yapılmış ve Bonferroni düzeltmesi ile değerlendirilmiştir. Hata düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Tüketicilerin Gıda Seçim Tarzlarını Oluşturan Faktörler

Tüketicilerin gıda seçiminde sağlık, masraf, lezzet gibi birçok faktör etkili olmasına rağmen bu faktörleri sistematik olarak değerlendiren net ölçütler bulunmamaktadır. Fakat 1995 yılında Steptoe ve arkadaşları bireylerin gıda seçimiyle ilgili bazı ölçütler belirlemek amacıyla çok boyutlu bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Böylece Steptoe ve

arkadaşları tarafından geliştirilen ‘Gıda Seçim Formu’ (Food Choice Questionnaire, FCQ) ile tüketicilerin gıda seçiminde etkili olan birçok faktörün gruplandırılarak yorumlanması daha kolay hale gelmiştir. Tüketicilerin gıda seçim tarzları temelini oluşturan faktörleri belirlemek amacıyla faktör analizi kullanılmıştır. Faktör analizinde amaç, karşılıklı ilişki içerisinde olan çok sayıdaki değişkenin azaltılarak, daha iyi açıklanabilmesi için birkaç faktöre indirgenmesidir. Böylece birçok ifade yerine, ilişkili ifadeleri temsil eden faktörler ile gerekli açıklamalar yapılır (Hair vd., 2010).

Faktör analizine tabi tutulan 36 ifadeden 5 ifadenin faktör analizi sürecinde, faktör yükünün birden fazla faktörde, birbirine yakın olması vb. nedenlerle analize uygun olmadığı belirlenerek çıkarılmıştır. Son aşamada ise 31 ifade ve 7 faktörün uygun olduğu belirlenmiştir. Faktörler isimlendirilirken, faktörü oluşturan ifadeler ve orijinal ölçekteki faktör isimleri dikkate alınmıştır. İfadeler ve faktörler için güvenilirlik analizi yapılmış, verilerin oldukça güvenilir olduğuna karar verilmiştir (Cronbach's $\alpha=0.942$). Açıklanan toplam varyans %63.89, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değeri 0.921 ve Bartlett's testi anlamlı bulunmuştur. Tüketicilerin gıda seçim tarzları temelini oluşturan faktörler ve ifadelere ait ortalamalar çizelge 1'de açıklanmıştır. Tüketicilerin her bir ifadeye verdikleri önem düzeyi beşli likert ölçeği (1:Kesinlikle önemsiz, 5:Kesinlikle önemli) kullanılarak elde edilmiştir (Çizelge 1).

Gıda Seçim Tarzlarına Göre Tüketici Grupları ve Profilleri

Tüketicileri gıda seçim tarzlarına göre homojen gruplara ayırmak için kümeleme analizi kullanılmıştır. Kümeleme analizi, birimleri, değişkenler arası benzerlik ya da farklılıklara dayalı olarak hesaplanan bazı ölçülerden yararlanarak homojen gruplara bölmeyi amaçlamaktadır (Özdamar, 2013). Tüketicilerin gıda seçim tarzlarını belirlemek amacıyla yapılan faktör analizi sonuçlarından yararlanılarak, hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır. Hiyerarşik kümeleme analizinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olan Ward's yöntemi kullanılmış ve küme sayısı belirlenirken

dendogramdan yararlanılmıştır. Gıda seçim tarzlarına göre tüketicilerin üç gruba ayrıldıkları görülmüştür. Tüketicilerin %28.7'si birinci grupta,

%45.7'si ikinci grupta ve %25.7'si üçüncü grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Tüketicilerin gıda seçim tarzları temelini oluşturan faktörler

Table 1. Food choice styles factors

FAKTÖRLER FACTORS	Ortalama Mean	Std.Sapma Std. Deviation	Faktör Yüğü Factor Loading
Duygusal Durum Mood ($\alpha = 0.858$)			
Beni uyanık/atık tutması <i>Keeps me awake/alert</i>	3.62	1.22	0.686
Moralimi düzeltmesi/keyiflendirmesi <i>Cheers me up</i>	3.95	1.18	0.674
Stresin üstesinden gelmemde yardımcı olması <i>Helps me cope with stress</i>	3.54	1.26	0.643
Rahatlamama yardımcı olması <i>Helps me relax</i>	3.70	1.14	0.643
Güzel kokması <i>Smells nice</i>	4.06	1.08	0.617
Kendimi iyi hissettirmesi <i>Makes me feel good</i>	3.82	1.13	0.587
Hoş bir görüntüye sahip olması <i>Looks nice</i>	3.84	1.12	0.580
Aşinalık Familiarity ($\alpha = 0.839$)			
Hayatla başa çıkmamda yardımcı olması <i>Helps me to cope with life</i>	3.52	1.25	0.693
Genelde yediklerimden olması <i>Is what I usually eat</i>	3.84	1.12	0.687
Hangi ülkeden geldiğinin açıkça belirtilmesi <i>Has the country of origin clearly marked</i>	3.56	1.29	0.663
Çocukken yediklerim gibi olması <i>Is like the food I ate when I was a child</i>	3.58	1.32	0.600
Yaşadığım veya çalıştığım yere yakın marketlerden satın alınabilir olması <i>Can be bought in shops close to where I live or work</i>	3.92	1.10	0.582
Politik olarak onayladığım ülkelerden gelmesi <i>Comes from countries I approve of politically</i>	3.43	1.36	0.575
Sağlık-Kilo Kontrolü Health-Weight control ($\alpha = 0.829$)			
Yağ oranının düşük olması <i>Is low in fat</i>	3.58	1.28	0.748
Kalorisinin düşük olması <i>Is low in calories</i>	3.38	1.38	0.673
Katkı maddesi içermemesi <i>Contains no additives</i>	4.06	1.09	0.643
İçeriğinin doğal olması <i>Contains natural ingredients</i>	4.10	1.06	0.638
Bilinen olması <i>Is familiar</i>	3.76	1.17	0.502
Fiyat Price ($\alpha = 0.712$)			
Pahalı olmaması <i>Is not expensive</i>	4.12	0.98	0.659
Ucuz olması <i>Is cheap</i>	4.02	1.06	0.647
Ödeyeceğim paraya değer olması <i>Is good value for money</i>	4.31	0.91	0.638
Marketlerde kolayca bulunabilir olması <i>Is easily available in shops and supermarkets</i>	3.98	1.09	0.506
Doğallık Natural content ($\alpha = 0.784$)			
Sağlığımı koruması <i>Keeps me healthy</i>	4.21	0.99	0.733
Cildim dişlerim saçım tırnaklarım vs. için iyi olması <i>Is good for my skin/teeth/hair/nails etc</i>	4.08	1.09	0.672
Yapay maddeler içermemesi <i>Contains no artificial ingredients</i>	3.97	1.12	0.545
Besleyicilik Nutritiousness ($\alpha = 0.726$)			
Besleyici olması <i>Is nutritious</i>	4.16	0.98	0.626
Lifi ve kepeği yüksek olması <i>Is high in fibre and roughage</i>	3.49	1.28	0.556
Proteininin yüksek olması <i>Is high in protein</i>	3.94	1.05	0.473
Elverişlilik – Kolaylık Convenience ($\alpha = 0.712$)			
Hazırlamasının kolay olması <i>Can be cooked very simply</i>	3.76	1.15	0.796
Hazırlamak için zaman almaması <i>Takes no time to prepare</i>	3.89	1.12	0.615
Çok kolay pişirilebilir olması <i>Can be cooked very simply</i>	3.77	1.12	0.478

Çizelge 2. Gıda seçim tarzı kümeleme analizi sonuçları
 Table 2. Cluster analysis results to food choice styles

	Tüketici Grupları Consumer Groups		
	I.Grup I.Group	II.Grup II.Group	III.Grup III.Group
	Ortalama Mean		
Duygusal Durum Mood	-0.19906	-0.17222	0.52875
Aşinalık Familiarity	0.31263	-0.48215	0.50868
Sağlık-Kilo Kontrolü Health-Weight control	-0.63173	0.00952	0.68863
Fiyat Price	-0.56634	0.21536	0.24936
Doğal İçerik Natural content	-0.36950	0.47658	-0.43526
Besleyici Nutritiousness	-0.34654	-0.02514	0.43177
Elverişlilik-Kolaylık Convenience	-0.48448	0.17134	0.23625
Tüketici Sayısı Number of consumer	86	137	77
Yüzde (%) Percent	28.7	45.7	25.7

Faktör analizi sonuçlarından yararlanılarak, yapılan kümeleme analizi sonucunda tüketiciler üç gruba ayrılmış ve faktör yükleri dikkate alınarak, tüketici profilleri çıkarılmıştır. Tüketici grupları isimlendirirken gıda seçim tarzları dikkate alınmıştır. Buna göre birinci grupta yer alan tüketicilere “geleneksel tüketiciler” ismi verilmiştir. Bu grupta yer alan tüketiciler, gıda satın alırken yeniliklere kapalıdır ve eskiden alışık oldukları tatları tercih ederler. Ayrıca kolaylıkla satın alabilecekleri yerleri tercih ederler, gıdaların menşei de onlar için önemlidir. İkinci grupta yer alan tüketicilere “sağlıklı ve ekonomik tüketiciler” ismi verilmiştir. Çünkü bu grupta yer alan tüketiciler, sağlığına dikkat eden ve doğallıktan yana olan tüketicilerdir. Bunun yanında ürünlerin ekonomik olmasına dikkat edip, kolay bulunabilirliğine önem verirler. Üçüncü grupta yer alan tüketicilere ise “vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler” ismi verilmiştir. Satın aldıkları gıdaların içeriğine dikkat ederler. İçeriğinin doğal olmasının yanında kalori ve yağ oranının düşük olması onlar için önemlidir. Alışık oldukları gıdaları tercih eder, yeni ve farklı tatlar denemeye pek açık değildirlere. Satın aldıkları gıdaların, görüntüsüne önem verirler. Stresli zamanlarda daha çok alışveriş yapma eğilimdedirler ve satın aldıkları gıdaların kendilerini iyi hissettirmesini isterler. Bundan sonra yapılan tüm analizlerde tüketici grupları için bu isimlendirmeler kullanılmıştır.

Gıda Seçim Tarzlarına Göre Tüketicilerin Sosyoekonomik ve Demografik Yapıları

Gıda seçim tarzlarına göre üç gruba ayrılan tüketicilerin sosyodemografik özellikleri çizelge 3’te verilmiştir. Tüketicilerin yaşları incelendiğinde, yaş ortalamasının 37.81 olduğu ve tüm grupların yaşlarının birbirine yakın olduğu dikkat çekmektedir. Gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.05$). Görüşülen tüketicilerin %56’sı kadın, %44’ü erkektir. Gruplar arasında erkek ve kadın tüketicilerin dağılımı incelendiğinde ise, geleneksel tüketicilerde erkekler daha fazla iken, diğer tüketici gruplarında kadınların oranı daha fazladır. Gruplar arasında istatistiksel olarak fark olduğu da tespit edilmiştir (Person Chi Square 9.049, $P < 0.05$). Tüketicilerin medeni durumları incelendiğinde gruplar arasında benzer bir dağılım olduğu, genel olarak ise tüketicilerin %43’nün bekar %57’sinin evli olduğu belirlenmiştir. Tüketicilerin eğitim düzeyinin genel olarak düşük olmadığı ve gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ($P > 0.05$) görülmektedir. Ankete katılan tüketicilerin hane nüfusu ortalama 3.72 kişidir. Evde gıda alışverişinden sorumlu olan kişinin genellikle anket yapılan kişiler olduğu tespit edilmiştir. Çalışma süpermarketlerin önünde yapıldığı için bu durum beklenen sonuçlardan biri olmuştur. Tüketicilerin ortalama aylık geliri 3763.33 TL, aylık harcamaları 3091.83 TL, gıda harcamaları 938.56 TL, aylık süt ve süt ürünleri harcamaları ise 205.06 TL’dir. Literatürde tüketicilerin gıda ve süt ürünlerine yaptıkları

harcamaları değerlendiren çalışmalar incelendiğinde gelir gruplarına göre değişmekle birlikte, genel olarak benzer sonuçların olduğu görülmüştür (Demircan vd., 2011; Karakaya ve Akbay, 2013; Yatağan vd., 2015; Gök vd., 2017). Tüketici gruplarına göre harcama durumu incelendiğinde, sağlıklı ve ekonomik tüketicilerin toplam harcamalar içerisinde gıda harcamaları ve gıda harcamaları içerisinde de süt ve süt ürünleri harcamalarının diğer gruptaki tüketicilere göre

daha yüksek olduğu görülmektedir. Sağlık konusunda diğer tüketicilere göre daha hassas olan bu tüketicilerin süt ve süt ürünleri için daha fazla harcama yapmaları beklenen bir durumdur. Ayrıca, aylık harcama miktarı diğer gruptaki tüketicilere göre daha düşük olan bu tüketicilerin gıda harcamalarının oranının daha yüksek olması, Sağlıklı beslenmenin yanında ekonomik olmaya da dikkat eden bu tüketiciler için uygun bir davranış olduğu düşünülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Gıda Seçim Tarzlarına Göre Tüketicilerin Sosya-demografik Özellikleri
Table 3. Social-demographic characteristics of consumers to food choice styles

	Geleneksel Tüketiciler <i>Traditional consumers</i>	Sağlıklı ve Ekonomik Tüketiciler <i>Healthy and economic consumers</i>	Vücut ve Zihin Sağlığına Dikkat eden Tüketiciler <i>Consumers attentive to body and mind</i>	Genel Ort. <i>General</i>
Yaş (yıl) <i>Age (year)</i>	38.08	37.93	37.30	37.81
Cinsiyet (%) [*] <i>Gender</i>				
Kadın <i>Female</i>	43.0	63.5	57.1	56.00
Erkek <i>Male</i>	57.0	36.5	42.9	44.00
Eğitim Düzeyi (yıl) <i>Education Level (year)</i>	12.91	13.08	12.45	12.87
Hane nüfusu (sayı) <i>Household population (count)</i>	3.67	3.86	3.51	3.72
Ailenin aylık geliri (TL) <i>Monthly income</i>	4099.42	3422.26	3994.81	3763.33
Ailenin aylık harcaması (TL) ^a <i>Monthly expense</i>	3314.53	2808.39	3347.40	3091.83
Ailenin aylık gıda harcaması (TL) ^b <i>Monthly food expense</i>	1016.86	891.39	935.06	938.56
Ailenin aylık süt ve süt ürünleri harcaması (TL) ^c <i>Monthly dairy products expense</i>	201.92	212.04	196.17	205.06
Toplam harcamalar içerisinde gıda harcaması oranı (%) ^{b/a} <i>Food expenditure rate in total expenditure</i>	30.68	31.74	27.93	30.36
Toplam gıda harcaması içerisinde süt ve süt ürünleri harcama oranı (%) ^{c/b} <i>Dairy expenditure rate in total food expenditure</i>	19.86	23.79	20.98	21.85

*Person Chi Square 9.049, $P < 0.05$

Tüketicilerin Süt ve Süt Ürünlerine Yönelik Satın Alma Davranışları

Ankete katılan tüketicilerin genel olarak süt ve süt ürünlerini satın alırken süpermarketleri tercih ettikleri, pazar ve toptancıları ise en az tercih ettikleri belirlenmiştir. Tüketici gruplarına göre durum incelendiğinde ise, geleneksel tüketicilerin bakkaldan süt ve süt ürünleri satın alma sıklığının daha fazla olduğu dikkat çekmiştir. Eski alışkanlıklarına bağlı kalmayı tercih eden ve kolaylıkla satın alabilecekleri yerleri tercih eden bu tüketicilerin bakkal, diğer tüketicilere göre daha çok tercih etmesi şartı bir sonuç olmamıştır.

Tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma sıklığı incelendiğinde; en sık satın alınan ürünlerin

sırasıyla süt, yoğurt ve peynir olduğu, en az sıklıkta satın alınan süt ürününün ise kaymak olduğu belirlenmiştir. Tüketici gruplarına göre durum incelendiğinde de benzer sonuçlar ile karşılaşmaktadır. Sağlıklı ve ekonomik tüketicilerin diğer tüketicilerden farklı olarak, tereyağı alma sıklığı daha azdır. Tüketici grupları ile tereyağı satın alma sıklığı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$). Hangi tüketici gruplarının birbirinden farklı olduğunu belirlemek amacıyla pairwise post-hoc testi yapılmıştır. Buna göre; sağlıklı ve ekonomi tüketiciler ile vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler arasında fark olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tüketicilerin Süt ve Süt Ürünleri Satın Alma Sıklığı
Table 4. Frequency of consumers to purchase dairy products

	Geleneksel Tüketiciler <i>Traditional consumers</i>	Sağlıklı ve Ekonomik Tüketiciler <i>Healthy and economic consumers</i>	Vücut ve Zihin Sağlığına Dikkat eden Tüketiciler <i>Consumers attentive to body and mind</i>	Genel Ort. <i>General</i>
Süt <i>Milk</i>	3.22	3.29	3.04	3.21
Yoğurt <i>Yogurt</i>	3.23	3.19	3.04	3.16
Peynir <i>Cheese</i>	2.93	2.96	2.97	2.96
Ayran <i>ayran</i>	2.88	2.64	2.78	2.75
Tereyağı* <i>butter</i>	2.37	2.20	2.51	2.33
Kaymak <i>cream</i>	1.77	1.73	1.88	1.78

1: Hiç 2: Ayda birkaç kez 3: Haftada bir 4: Haftada birkaç kez 5: Her gün

1: Never 2: A few times in a month 3: Once a week 4: Few times a week 5: Everyday

* Kruskal Wallis testine göre gruplar arasındaki fark $P \leq 0.05$ için anlamlıdır.

*According to Kruskal-Wallis test, the difference between the groups was found to be significant for $P \leq 0.05$

Tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alırken ambalajlı olmasına dikkat ettikleri ürünlerin başında önemli buldukları 3.68 ortalama ile yoğurt gelmektedir. Bunu 3.66 ortalama ile süt, 3.61 ortalama ile peynir ve 3.49 ortalama ile tereyağı takip etmektedir. Kaymak ise tüketicilerin ambalajlı ürün olmasına orta derece önem verdiği ürünler arasında yer almaktadır. Tüketici gruplarına göre ambalaj faktörünün önemi incelendiğinde; geleneksel tüketiciler için ambalaj faktörünün diğer tüketicilere göre daha az önemli olduğu dikkat çekmektedir. Vücut ve zihin

sağlığına dikkat eden tüketiciler için yoğurdun ambalajı diğer süt ürünlerine göre daha önemliyken, diğer tüketiciler için sütün ambalajının daha önemli olduğu belirlenmiştir. Süt, yoğurt ve peynir ürünleri için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farkın olduğu tespit edilmiştir. Her üç ürün için de geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler arasında fark olduğu görülmüştür ($P < 0.05$) (Çizelge 5).

Çizelge 5. Tüketicilerin Süt ve Süt Ürünlerini Satın Alırken Ambalaj Faktörünün Önemi
 Table 5. The importance of packaging factor when consumers purchase dairy products

	Geleneksel Tüketiciler <i>Traditional consumers</i>	Sağlıklı ve Ekonomik Tüketiciler <i>Healthy and economic consumers</i>	Vücut ve Zihin Sağığına Dikkat eden Tüketiciler <i>Consumers attentive to body and mind</i>	Genel Ort. <i>General</i>
Yoğurt* <i>Yogurt</i>	3.34	3.88	3.71	3.68
Süt* <i>Milk</i>	3.35	3.88	3.62	3.66
Peynir* <i>Cheese</i>	3.35	3.76	3.62	3.61
Tereyağı <i>butter</i>	3.24	3.62	3.55	3.49
Ayran <i>ayran</i>	3.33	3.46	3.40	3.41
Kaymak <i>cream</i>	2.85	3.12	3.25	3.08

1:Kesinlikle önemsiz, 2: Az önemli, 3: Orta derecede önemli, 4:Önemli, 5:Kesinlikle önemli

1:Not important, 2:Slightly important, 3: Moderately important, 4:Important, 5:Very important

* Kruskal Wallis testine göre gruplar arasındaki fark $P \leq 0.05$ için anlamlıdır.

*According to Kruskal-Wallis test, the difference between the groups was found to be significant for $P \leq 0.05$

Tüketicilerin ambalajlı süt ve süt ürünleri tercih etmelerinde önemli olan nedenler incelendiğinde genel olarak üretim ve son kullanma tarihinin etkili olduğu görülmektedir. Vücut ve zihin sağığına dikkat eden tüketiciler için en etkili neden kalite-fiyat dengesi iken, geleneksel

tüketiciler ile sağıklı ve ekonomik tüketiciler için üretim ve son kullanma tarihinin en etkili olduğu görülmektedir. “Promosyonlu Ürün Olması” ifadesi dışında diğer ifadeler için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 6).

Çizelge 6. Tüketicilerin Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Tercih Etme Nedenleri
 Table 6. Reasons for consumers prefer packaged dairy products

	Geleneksel Tüketiciler <i>Traditional consumers</i>	Sağlıklı ve Ekonomik Tüketiciler <i>Healthy and economic consumers</i>	Vücut ve Zihin Sağığına Dikkat eden Tüketiciler <i>Consumers attentive to body and mind</i>	Genel Ort. <i>General</i>	Anlamlılık Düzeyi <i>Significancy</i>
Üretim ve Son Kullanma Tarihi* <i>production and exp date</i>	3.84	4.48	4.05	4.19	0.000
Ürünün tazeliğı* <i>freshness</i>	3.91	4.34	4.21	4.18	0.003
Tat-lezzet* <i>taste</i>	3.83	4.31	4.21	4.14	0.002
Güvenirliliğı ve hijyenik ürünler olması* <i>reliability and hygienically</i>	3.69	4.32	4.13	4.09	0.000
Kalite-fiyat dengesi* <i>quality-price balanced</i>	3.83	4.18	4.23	4.09	0.004
Daha sağıklı ürünler olması* <i>more healthy products</i>	3.70	4.15	4.19	4.03	0.001
Fiyat* <i>price</i>	3.81	4.00	4.21	4.00	0.043
Ürünün içeriğı* <i>content</i>	3.57	4.11	4.04	3.94	0.000
Katkı maddesi içermemesi* <i>Contains no additives</i>	3.67	4.14	3.84	3.93	0.004
Kolay bulunabilirliğı* <i>Is easily available</i>	3.56	4.04	4.17	3.93	0.000
Alışkanlık* <i>Familiarity</i>	3.63	3.83	4.19	3.87	0.003
Kullanım kolaylığı* <i>ease of use</i>	3.53	3.80	4.05	3.79	0.005
Markalı Ürün Olması* <i>branded product</i>	3.66	3.69	4.05	3.77	0.017
İndirim kampanyaları* <i>discount</i>	3.58	3.73	4.03	3.76	0.014
Ürün çeşitliliğı* <i>diversity</i>	3.42	3.55	4.00	3.63	0.002

Ambalajın üzerinde üreticiye ait firma bilgilerinin olması* <i>manufacturer firms information on the packaging</i>	3.36	3.53	3.84	3.56	0.048
Taşıma kolaylığı* <i>ease of handling</i>	3.27	3.45	3.88	3.51	0.001
Tavsiye edilmesi* <i>recommendation</i>	3.23	3.45	3.86	3.49	0.005
Promosyonlu Ürün Olması <i>Is promotion</i>	3.50	3.36	3.69	3.49	0.118
Reklam* <i>advertising</i>	3.27	3.11	3.91	3.36	0.000

1:Kesinlikle önemsiz, 2: Az önemli, 3: Orta derecede önemli, 4:Önemli, 5:Kesinlikle önemli

1:Not important, 2:Slightly important, 3: Moderately important, 4:Important, 5:Very important

* Kruskal Wallis testine göre gruplar arasındaki fark $P \leq 0.05$ için anlamlıdır.

*According to Kruskal-Wallis test, the difference between the groups was found to be significant for $P \leq 0.05$

Tüketicilerin süt ve süt ürünleri ambalajında bulunmasını önemsedikleri bilgiler içerisinde etkili olan faktörler sırasıyla son kullanma tarihi, fiyat ve besin değeridir. Tüketici gruplarına göre incelendiğinde, tüm gruplarda yer alan tüketicilerin en çok önemsedikleri bilgi son kullanma tarihidir. En az önemsedikleri bilgi ise geleneksel tüketiciler için geri dönüşüm sembolleri iken sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ile vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler için kullanım talimatıdır. Tüketicilerin süt ve süt ürünleri ambalajında bulunmasını önemsedikleri bilgiler içerisinde “içindekiler listesi”, “son kullanma tarihi”, “besin değeri”, “gıda güvencesi belgelerinin olması”, “üretim yeri”, “fiyat” ve “geri dönüşüm sembolleri” için gruplar arasında farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hangi tüketici gruplarının birbirinden farklı olduğunu belirlemek amacıyla pairwise post-hoc testi yapılmıştır. Buna göre; tüketicilerin süt ve süt ürünleri ambalajında içindekiler listesini önemli bulması açısından yalnızca geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında istatistiksel olarak fark vardır. Ambalajda ürünün son kullanma tarihinin bulunması açısından durum incelendiğinde ise geleneksel tüketiciler ile vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler ($P > 0.05$) arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Fakat geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında ve vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farkın olduğu görülmüştür. Besin değerine göre durum incelendiğinde geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında, geleneksel tüketiciler ile vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler ($P < 0.05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Gıda

güvencesi belgelerinin olmasına geleneksel tüketiciler diğer tüketicilere göre daha az önem vermektedir. Geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında istatistiksel olarak fark olmasına rağmen, diğer gruplar arasında fark yoktur. Süt ve süt ürünleri ambalajında üretim yerinin yazması, vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler için geleneksel tüketicilere göre daha önemlidir. Bu iki grup tüketici arasında ($P < 0.05$) istatistiksel olarak fark olduğu, diğer tüketici grupları arasında ise fark olmadığı belirlenmiştir. Ambalajda fiyat bilgisinin olmasını en az önemseyen tüketiciler gelenekseldir. Geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında, geleneksel tüketiciler ile vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler ($P < 0.05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Bu üç tüketici grubu arasından fiyat bilgisine en çok önem veren tüketicilerin sağlıklı ve ekonomik tüketiciler olması, bu tüketici profiline uygun bir davranıştır. Çünkü bu grupta yer alan tüketiciler sağlığa verdikleri önemin yanında, satın alacakları ürünlerin, pahalı olmamasına ve ödeyecekleri paraya değer olmasına dikkat etmektedirler. Geri dönüşüm sembollerinin ambalaj üzerinde olmasına en fazla önem veren vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketicilerdir. Geleneksel tüketiciler ise ambalajda bu sembollerin varlığına diğer bilgiler ve diğer tüketiciler kadar önem vermemektedir. Geleneksel tüketiciler ile vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler ($P < 0.05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farkın olduğu, diğer tüketici grupları arasında ise fark olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Tüketicilerin Ambalajlı Süt ve Süt Ürünlerinin Ambalajında Bulunmasını Önemledikleri Bilgiler

Table 7. Information that consumers care about on the packaging of packed dairy products

	Geleneksel Tüketiciler <i>Traditional consumers</i>	Sağlıklı ve Ekonomik Tüketiciler <i>Healthy and economic consumers</i>	Vücut ve Zihin Sağığına Dikkat eden Tüketiciler <i>Consumers attentive to body and mind</i>	Genel Ort. <i>General</i>	Anlamlılık Düzeyi <i>Significancy</i>
Son kullanma tarihi* <i>exp date</i>	4.05	4.69	4.22	4.38	0.000
Fiyat* <i>price</i>	3.64	4.18	4.08	4.00	0.001
Besin değeri* <i>nutritive value</i>	3.60	4.13	4.16	3.99	0.000
İçindekiler listesi * <i>content list</i>	3.71	4.10	3.96	3.95	0.042
Gıda güvencesi belgelerinin olması* <i>food safety documents</i>	3.71	4.05	4.05	3.95	0.028
Ürünün gramajı <i>weight in grams</i>	3.49	3.78	3.83	3.71	0.078
Üretici bilgileri manufacturer firms information	3.47	3.77	3.86	3.70	0.066
Üretim yeri* <i>the place of production</i>	3.36	3.67	3.96	3.65	0.006
Geri dönüşüm sembolleri* <i>recycling symbols</i>	3.27	3.63	3.75	3.56	0.031
Kullanma talimatı <i>user manual</i>	3.28	3.47	3.73	3.48	0.067

1:Kesinlikle önemsiz, 2: Az önemli, 3: Orta derecede önemli, 4:Önemli, 5:Kesinlikle önemli

1:Not important, 2:Slightly important, 3: Moderately important, 4:Important, 5:Very important

* Kruskal Wallis testine göre gruplar arasındaki fark $P \leq 0.05$ için anlamlıdır.

*According to Kruskal-Wallis test, the difference between the groups was found to be significant for $P \leq 0.05$

Tüketicilerin Plansız Süt ve Süt Ürünleri Satın Alma Davranışları

1950'li yıllardan beri tüketici davranışları üzerine yapılan araştırmalarda, özellikle pazarlama alanında faaliyet gösteren araştırmacılar, plansız satın alma kavramını incelemektedir (Akagün Ergin ve Özdemir Akbay, 2011). Plansız satın alma davranışı, tüketicinin daha önce herhangi bir plana dahil olmadan bir anda ortaya çıkan bir güdünün gerçekleşmesi ile olan satın almalarıdır (Özgüven Tayfun, 2015). Zuckerman (2000), plansız satın alma davranışında en etkili faktörlerin yenilikleri denemek, yeni ürünleri tüketmek ve bunları kullanmaya yönelik güdüler olduğunu belirtmiştir (Zuckerman, 2000).

Araştırma kapsamında görüşülen tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alırken plansız satın alma yapıp yapmadıkları sorulmuştur. Tüketicilerin %30.7'si plansız satın alma davranışı sergilediğini, %24'ü plansız satın alma yapmadığını ve %45.3'ü bazen plansız bir şekilde süt ve süt ürünü satın aldıklarını ifade etmişlerdir. Özgüven Tayfun

(2015) tarafından market alışverişlerinde plansız satın alma davranışını inceleyen bir çalışmada, tüketicilerin yaklaşık %63'ünün plansız satın alma yaptığı belirlenmiştir. Giyim ve gıda kategorilerinde tüketicilerin plansız satın alma davranışını inceleyen bir başka çalışmada da benzer olarak tüketicilerin yaklaşık %75'inin plansız satın alma davranışı gösterdiği tespit edilmiştir (Akagün Ergin ve Özdemir Akbay, 2011). Yapılan bu çalışmalarda, görüşülen tüketicilerin %63 ve %75 gibi büyük çoğunluğunun plansız satın alma yaptığı görülmektedir. Araştırma kapsamında görüşülen tüketicilerin ise süt ve süt ürünleri satın alırken yalnızca %30.7'sinin plansız satın alma davranışı göstermesi, tüketicilerin özellikle süt ve süt ürünlerinde, diğer ürünlere göre daha seçici olduğunu ve ihtiyaçları dahilinde satın aldıklarını göstermektedir. Tüketici gruplarına göre inceleme yapıldığında, geleneksel tüketicilerin diğer tüketicilere göre plansız satın alma yapmama oranının daha fazla olduğu görülmüştür. Geleneksel tüketiciler gıda satın alırken yeniliklere

kapalı olarak tanımlanmıştı ve bu davranışın bu tüketici profili için uygun olduğu görülmüştür.

Süt ve süt ürünleri satın alırken plansız satın alma yapan ve bazen yaptığını söyleyen tüketicilere, plansız satın alma sıklıkları sorulmuştur. Tüketicilerin %9.3'ü her alışverişte plansız satın alma yaptığını, %22.7'si sıklıkla, %22.7'si bazen, %21.3'ü nadiren, %24'ü ise nerdeyse hiç plansız satın alma yapmadığını söylemiştir. Tüketici grupları incelendiğinde birbirine benzer sonuçlar ile karşılaşılmıştır.

Plansız süt ve süt ürünü satın alma yaptığını belirten tüketicilere, bunun nedenleri sorulmuştur. Tüketiciler genel olarak, ürünü görünce ihtiyacı olduğunu düşünmesi ve fiyat indirimi olması nedenleri ile plansız satın alma yaptıklarını belirtmişlerdir. Mağaza atmosferi ve

satış elemanının sunumu ise tüketicileri plansız satın alma yapmaya iten en az etkili nedenler arasındadır. Tüketici gruplarına göre durum incelendiğinde, fiyat indiriminin olması geleneksel tüketiciler için diğer nedenlere göre daha önemlidir. Ürünü görünce ihtiyaç duyma fikri ise vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler için daha etkili bir nedendir. Tüketici grupları ile “ürünü görünce ihtiyacım olduğunu düşünmem” ifadesi arasında istatistiksel olarak fark vardır. Fark olan gruplara bakıldığında ise geleneksel tüketiciler ile sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ($P < 0.05$) arasında fark olduğu görülmüştür. Sağlıklı ve ekonomik tüketiciler için plansız bir şekilde süt ve süt ürünü satın almayı ürünü görünce ihtiyaç duyma, fiyat indirimi ve promosyon diğer tüketicilere göre daha çok etkili nedenlerdir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Tüketicilerin Plansız Süt ve Süt Ürünleri Satın Alma Nedenleri

Table 8. Reasons for consumers to impulse buying dairy products

	Geleneksel Tüketiciler <i>Traditional consumers</i>	Sağlıklı ve Ekonomik Tüketiciler <i>Healthy and economic consumers</i>	Vücut ve Zihin Sağlığına Dikkat eden Tüketiciler <i>Consumers attentive to body and mind</i>	Genel Ort. <i>General</i>	Anlamlılık Düzeyi <i>Significancy</i>
Ürünü görünce ihtiyaç olduğunu düşünmem* <i>thinking that you need it when seeing</i>	3.16	4.00	3.55	3.66	0.000
Fiyat İndirimi olması <i>discount</i>	3.35	3.74	3.36	3.54	0.055
Promosyon olması <i>promotion</i>	3.10	3.31	3.00	3.17	0.364
Ürünü Görünce Beğenme <i>liking</i>	2.89	3.07	3.21	3.05	0.506
Alışverişe birlikte çıktığım insanların etkisi <i>The effect of people I go shopping with</i>	2.73	2.83	2.95	2.83	0.704
Satış Elemanının Etkili Sunumu <i>Effective Presentation of the Salesperson</i>	2.75	2.44	2.64	2.58	0.377
Mağaza Atmosferi <i>market atmosphere</i>	2.49	2.36	2.62	2.42	0.392
Diğer faktörler <i>others</i>	2.16	2.12	1.95	2.09	0.498

1:Kesinlikle önemsiz, 2: Az önemli, 3: Orta derecede önemli, 4:Önemli, 5:Kesinlikle önemli

1:Not important, 2:Slightly important, 3: Moderately important, 4:Important, 5:Very important

* Kruskal Wallis testine göre gruplar arasındaki fark $P \leq 0.01$ için anlamlıdır.

*According to Kruskal-Wallis test, the difference between the groups was found to be significant for $P \leq 0.01$

SONUÇ

Tüketicilerin gıda seçimini etkileyen çok sayıda faktör olmasına rağmen bunları bazı özelliklere göre gruplandırmak, yorum yapma açısından kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada tüketiciler gıda seçim tarzlarına göre geleneksel, sağlıklı ve ekonomik, vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler olma üzere üç gruba ayrılmışlardır.

Süt ve süt ürünleri satın alma davranışını inceleyen bu çalışmada tüketicilerin genel olarak süt ve süt ürünlerini süpermarketlerden satın aldıkları görülmüştür. Tüketiciler için süt, yoğurt ve peynirin ambalajlı olması diğer süt ürünlerine göre daha büyük önem arz etmektedir. Tüketiciler ambalajlı süt ve süt ürünleri tercih etmelerinde etkili nedenin üretim ve son kullanma tarihi olduğunu belirtmişlerdir. Süt ve süt ürünleri ambalajında son kullanma tarihinin yazması tüketiciler için en önemli neden iken, kullanım talimatı tüketicilerin en az önemsedikleri bilgiler arasındadır. Tüketici grupları incelendiğinde, geleneksel tüketiciler diğer tüketicilere göre ambalaj üzerindeki bilgileri daha az önemsemektedirler. Bu tüketiciler genellikle yenililere açık olmadıkları ve eski alışkanlıklarına devam ettikleri için ürünün ambalajı onlar için pek önemli değildir. Genellikle aynı yerlerden ve aynı ürünleri satın almaktadırlar. Bu tüketicilere yeni bir ürünü benimsetmek zordur. Vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler, süt ve süt ürünleri ambalajında ürünün gramajı, üretici bilgileri ve üretim yerinin yazmasını diğer tüketicilere göre daha fazla önemsemektedirler. Bu tüketiciler için ambalaj üzerindeki bilgiler önemlidir. Çünkü satın alma gerçekleştirirken, ürünün görüntüsünün yanında içeriğine dikkat ederler. Kilo kontrolü veya sağlık nedeniyle, ürünün içeriğini dikkatle inceler ve satın aldıkları ürünün kendilerini ruhsal açıdan iyi hissettirmesini isterler. Kendileri için en uygun ürünü bulan bu tüketiciler, kolay kolay farklı ürünler denemeye cesaret edemezler. Bu tarz tüketicilerde marka bağlılığının daha fazla olduğu söylenebilir.

Araştırma kapsamında görüşülen tüm tüketicilerin plansız satın alma eğiliminde olduğu görülmüştür. Tüketicilerin yalnızca %24'ü süt ve süt ürünlerinde plansız satın alma

gerçekleştirmedini söylemiştir. Plansız satın alma yapan ve bazen yaptığı söyleyen tüketicilerin ise bunu yapma sıklığının düşük olduğu görülmüştür. Tüketiciler genellikle, ürünü gördüğü zaman ihtiyacı olduğuna karar verirse plansız satın alma gerçekleştirmektedirler. Geleneksel tüketiciler ise fiyat indirimi olduğu zaman daha fazla satın alma eğiliminde olmaktadır. Duygusal olarak daha hassas olan vücut ve zihin sağlığına dikkat eden tüketiciler, diğer tüketicilere göre, alışverişe birlikte çıktıkları kişinin etkisinde kalarak daha fazla plansız satın alma yapmaktadırlar. Sağlıklı ve ekonomik tüketiciler ise fiyat indirimi ve promosyon olması halinde plansız bir şekilde süt ve süt ürünü satın almaktadırlar. İndirim ve promosyon gibi avantajları kaçırmak istemeyen bu tüketiciler her ne kadar ekonomik olmaya dikkat etseler de bu tarz avantajları kaçırmak istemeyip, ihtiyacından daha fazla ürün satın alabilirler.

Ekonomik, sosyal veya psikolojik açıdan farklı olmalarına rağmen tüm tüketiciler süt ve süt ürünleri satın almaktadırlar. Tüketicilerin geçmiş deneyimleri, yaşam tarzları, sağlık vb. satın alma davranışlarını etkilemektedir. Bu çalışmada gıda seçim tarzlarına göre üç gruba ayrılan tüketiciler incelenmiş ve satın alma davranışlarının birbirlerine göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle süt ve süt ürünleri üreten firmaların, piyasaya ürün sunarken tüketici tercihlerini ön planda tutmaları, kalite-fiyat dengesini koruyarak, tüketicilerin beklentilerini karşılamaları gerekmektedir. Süt ve süt ürünleri firmaları piyasada diğer markalar ile rekabet edebilmek için düzenli aralıklarla marka değerlendirmesi yapmalıdır. Bu sayede markayı kullanan tüketiciler ile ilişki içerisinde olacaktır. Bununla birlikte, tüketicilere çağrı merkezi, anket uygulaması, market içi değerlendirme formları gibi uygulamalar ile ürün tanıtımı ve ürün değerlendirmesi yapılması, gerçekçi bir marka değerlendirmesine yardımcı olabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

YAZAR KATKILARI

Makalenin fikir/kavram, tasarım, denetleme/danışmanlık, yöntem, analiz ve yorum ile makalenin genel düzeni aşamasına katkı yapan yazarlar M. Metin Artukoğlu ve Filiz Kınıklı'dır. Veri toplama, verilerin işlenmesi ve kaynak taraması aşamasında katkı yapan yazarlar, Melike Öncül ve Yusuf Sekman'dır.

KAYNAKLAR

Açıkgözoğlu, S. (2006). Ürünlerde son kullanma tarihinin tüketicilerce algılanmasına yönelik bir araştırma. Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Türkiye, 63s.

Akağün Ergin, E., Özdemir Akbay, H. (2011). Giyim ve gıda ürünleri kategorilerinde tüketicilerin plansız satın alma davranışları üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi* 13(2): 275-292.

Akbay, C., Tiryaki, Y. G. (2008). Unpacked and packed fluid milk consumption patterns and preferences in Turkey. *Agricultural Economics*, 38(1): 9-20.

Andiç, S., Şahin, K., Koç, Ş. (2002). Süt tüketim yapısı: Van ili kentsel alan örneği. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2): 33-38.

Aybek, E. (2011). Kahramanmaraş ili kentsel alanda tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim ve tercihleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, Türkiye, 60 s.

Çelik, M. (2002). Batı Akdeniz Bölgesinde süt ve süt ürünleri sektörünün stratejik durum analizi ve gelişme olanakları. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 2(4): 43-83.

Çetinkaya, A. (2010). Kafkas üniversitesi öğrencilerinin içme sütü ve süt ürünlerini tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.* 5 (2): 73-84.

Demircan, V., Örmeci M. Ç., Kızılyar, G. (2011). Isparta ilinde ailelerin ambalajlı ve açık süt tüketim alışkanlıklarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi.

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 6 (2): 39-47.

Dikmen, D., İnan Eroğlu, E., Göktaş, Z., Barut Uyar, B., Karabalut, E. (2016). Validation of Turkish version of the food choice questionnaire. *Food Quality and Preference* 52: 81-86, doi: 10.1016/j.foodqual.2016.03.016.

Gök, B., Salkın, M., Kenanoğlu Bektaş, Z., Kınıklı, F. (2017). Tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma tercihinde ambalajın etkisi: İzmir ili örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 23 (2): 241-253.

Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E. (2010). *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. New Jersey: Prentice Hall, the USA.

Karakaya, E., Akbay, C. (2013). İstanbul ilinde tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1): 65-77.

Malhotra, N.K. (2010). *Marketing Research*. An Applied Orientation, 6th ed. New Jersey: Pearson.

Newbold, P. (1995). *Statistics for Business and Economics*. 4th ed. Prentice Hall, New Jersey, 867 s.

Onurlubaş, E., Çakırlar, H. (2016). Tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 7(1): 217-242.

Örmeci Kart, M. Ç., Demircan V. (2014). Dünyada ve Türkiye'de süt ve süt ürünleri üretimi, tüketimi ve ticaretindeki gelişmeler. *Akademik Gıda* 12 (1):78-96.

Özdamar, K. (2013). *Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi*. Nisan Kitabevi, Eskişehir, Türkiye.

Özel, G. (2008). Tüketicilerin süt tercihinde etkili olan faktörlerin incelenmesine yönelik bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3): 227-240.

Özügüven Tayfun, N. (2015). Market alışverişlerinde plansız satın alma davranışında demografik farklılığı belirlemeye yönelik bir araştırma. *Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der.* 34(1): 87-94.

Stepoe, A., Pollard, T.M., Wardle, J. (1995). Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. *Appetite* 25(3):267-284.

Sütümüz, N., Çiftıldız S.S., Konuk F.A. (2009). Paketlenmiş süt için ambalaj özelliklerinin algılanan önemi ve satın alma davranışına etkisi: İstanbul ili örneği. *Akademik Gıda* 7 (6): 18-28.

Tiryaki, Y. G., Akbay, C. (2009). Consumers' fluid milk consumption behaviors in Turkey: An application of multinomial logit model. *Quality and Quantity* 44(1): 87-98.

USK (2018). Ulusal süt konseyi süt raporu. [https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-](https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Sut_Raporu_2018_Web_Kapakli.pdf)

[content/uploads/Sut_Raporu_2018_Web_Kapakli.pdf](https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Sut_Raporu_2018_Web_Kapakli.pdf) (Erişim tarihi: 22.12.2019).

Yatağan, F., Yalçın, G., Örmeci Kart, M. Ç., Demircan, V. (2015). Isparta ilinde dondurulmuş gıda ürünlerine yönelik tüketici tercihleri. *GIDA* 40 (2): 77-84.

Yüzbaşı, N., Erkuş, A., Sezgin, E. (1999). Keçiören şefkat mahallesinde çeşitli gelir gruplarındaki ailelerde süt ve süt ürünleri tüketimi. *GIDA* 24(1): 59-67.

Zuckerman, M. (2000), Are you risk taker? Do you drink and drive, gamble, or sleep with strangers? it's not just a behaviour it's personality. *Psychology Today* 33(6):52-58.



AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CHESTNUT FLOUR ADDITIVE ON THE NUTRITIONAL AND QUALITY PROPERTIES OF NOODLE

Dilek Dulger Altiner^{1*}, Merve Mete²

¹Kocaeli University, Tourism Faculty, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Kocaeli, Turkey

²Yıldız Holding, Customer Contact Center, İstanbul, Turkey

Received/ Geliş: 19.06.2020; Accepted/ Kabul: 28.09.2020; Published online/ Online baskı: 28.10.2020

Dulger-Altiner, D., Mete, M. (2020). An investigation of the effect of chestnut flour additive on the nutritional and quality properties of noodle. GIDA (2020) 45(6) 1061-1072 doi: 10.15237/gida.GD20083

Dulger-Altiner, D., Mete, M. (2020). Kestane unu katkısının eriştinin besleyici ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması. *GIDA (2020) 45(6) 1061-1072 doi: 10.15237/gida.GD20083*

ABSTRACT

Chestnut flour (CNF) was added as a substitute for wheat flour in the ratios of 5%, 10%, 20%, 30% and 40% (w/w) to noodle. The physiochemical, cooking and sensory properties of the CNF -added noodles were determined. The total dietary fiber and ash contents of the noodles increased with increasing CNF, while the calorie values decreased compared with control. Decreasing L^* and b^* values, darkening color and increasing a^* values were observed with increasing CNF addition. The CNF addition caused increased cooking loss and decreased volume expansion and weight gain in noodles. According to the sensory analysis, the control sample had the highest overall appreciation score, followed by the 10% CNF-added noodle sample. The results of the study showed that chestnut flour can be added to improve the nutritional and functional properties of noodle and other grain products and use of chestnut flour can contribute to the functional food market.

Key words: Noodle, chestnut flour, total dietary fiber, functional food, sensory

KESTANE UNU KATKISININ ERİŞTENİN BESLEYİCİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışmada, erişte üretiminde kestane unu (CNF) % 5, 10, 20, 30 ve % 40 (w/w) katkı oranlarında buğday unu ile ikame olacak şekilde ilave edilmiştir. Kestane unu katkılı eriştelerin fizikokimyasal, pişme ve duyuşal özellikleri tespit edilmiştir. CNF katkı miktarı arttıkça eriştelerin toplam diyet lif ve kül miktarları artmış ve kalori değerleri kontrol örneğine göre azalmıştır. Eriştelerde CNF katkısının artışı ile makarnaların L^* ve b^* değerinde azalma ile renkte koyulaşma, a^* değerinde ise artış görülmüştür. CNF katkısı eriştelerde suya geçen madde değerinde artışa, hacim ve ağırlık artışı değerinde azalmaya neden olmuştur. Duyusal analiz sonuçlarına göre genel beğeni puanları açısından kontrol örneği ve en yakın puanı alan %10 CNF katkılı erişte örneği en yüksek puanları almıştır. Bu çalışma besleyici ve fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesinde eriştede ve diğer tahıl ürünlerinde kestane unu katkısının kullanılabileceğini ve fonksiyonel gıda pazarına katkı sağlayacağını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Erişte, kestane unu, toplam diyet lif, fonksiyonel gıda, duyuşal

*Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar:

✉: dilek.dulger@kocaeli.edu.tr

☎: (+90) 262 353 3460

☎: (+90) 262 353 45 11

Dilek Dülger Altiner; ORCID no: 0000-0002-7043-2883

Merve Mete; ORCID no: 0000-0002-2057-5798

INTRODUCTION

The recent increase in the production and consumption of functional foods is attributable to increased awareness of healthy eating due to increased health problems (Contreras-Rodríguez et al., 2020; Domínguez Díaz et al., 2019). Thus, the interest and demand of the consumers for nutritionally enriched functional foods with a positive health impact have been growing every day (Maqsood et al., 2019; Siró et al., 2008). The studies on noodle, a grain-based functional food, also attract attention in the food industry. Noodle is frequently consumed in Japan, China, Korea and United States of America (Fu, 2008; Rombouts et al., 2014). It is also a traditional food in Turkey (Turkish noodle) and can be produced with different flour additives with or without eggs (Demir, 2008; Bilgiçi, 2009). There have been reports of the use of banana flour (Ritthiruangdej et al., 2011), black rice bran (Kong et al., 2012), refined wheat flour, mixtures of sorghum flour and soybean flour (Rani et al., 2019), flaxseed (Yüksel et al., 2018) and oat flour (Liu et al., 2019) in the production of noodles.

Chestnut is a closed-shell fruit comprising the edible seeds of the trees from the *Castanea* genus of the Fagaceae family (Dong et al., 2020). Chestnut is grown in the Asian, African, European and North American continents (Sartor et al., 2015). The chestnut fruit contains vitamins, minerals, essential fatty acids and high levels of dietary fiber components (Borges, 2008; Ribeiro et al., 2013). Dietary fiber components are known to have protective physiological effects on large intestine and colon diseases, constipation, hemorrhoid, obesity, diabetes and cardiovascular diseases (Prasad and Bondy, 2019). Chestnut flour (CNF) is ground chestnut containing 40-50% starch, 20-32% sugar, 5.8% essential amino acid, a high dietary fiber content of 10.8% and a low fat content of 3.7% (Sacchetti et al., 2004; Dall'Asta et al., 2013; Paciulli et al., 2018). Furthermore, chestnut flour is a commonly used additive for producing gluten-free products that are rich in vitamin B, iron, folate, magnesium, antioxidant capacity and phenolic compounds (Vasconcelos et al., 2010; Dall'Asta et al., 2013; Moreira et al., 2012).

In other studies, chestnut flour used in products such as bread, pasta, biscuit, etc. has often been used in conjunction with other flour blends or rice flour to develop gluten-free products (Paciulli et al., 2018; Rinaldi et al., 2017; Mir et al., 2017; Littardi et al., 2020; Kosović et al., 2016). There are limited studies on the use of chestnut flour in noodle production. The difference of our study from previous studies is that the noodles were specifically chosen as a product and the addition ratio was increased to 40% chestnut flour and the effect of different chestnut flour ratios used on the nutritional, sensory, and quality characteristics of the noodles was given together and compared. Also, compared to the noodles produced using wheat flour, the high dietary fiber content of the chestnut flour-added noodles, enriched in nutrients and reduced-calorie value is important in terms of adequate and balanced nutrition. Therefore, the present study aimed to examine the effect of the use of chestnut flour (0% - control, 5, 10, 20, 30 and 40%, CNF; w / w) as a substitute for wheat flour in noodles production on chemical, functional and sensory properties of noodles.

MATERIALS AND METHOD

Materials

The wheat flour (WF) (moisture 14.8%, ash 1.15%, fat 1.38%, protein 13.9%, wet gluten 33.5%) that was procured from the Bandırma-Toru Flour Factory was used in the production of the noodle samples. The 100% natural chestnut flour (Private Brand, Aydın, Turkey) without any additives was used in the trials. In addition, the refined table salt and drinking water used in noodle production were bought from local markets.

Production of the noodle samples

During the noodle production trials, CFN was added by substituting wheat flour with CFN by weight (0%-control; 5, 10, 20, 30 and 40% (w/w)). In the preliminary trials, when an additive ratio of more than 40% was reached in noodle production, the structure of the dough was observed to be broken down and a homogeneous structure was not obtained. Therefore, it was

preferred to use chestnut flour additives in the range of 5-40% to substitute wheat flour. During the production of the dough, 0.5% table salt and 50-57 ml water were used considering the flour weight and the water absorption capacity of the flour, which was determined using the farinograph analysis carried out in pre-trials (ICC, 1992), respectively. A modified version of the noodle production method proposed by Aydın (2009) was used in the study for noodle

production. Figure 1 shows the steps for the production of homemade-like noodles under laboratory conditions. A noodle cutting machine (Ampia Noodle Machine, Italy) was used and drying was carried out for 5 hours in a drying oven (Binder 9010-0078 ED53) at $50\pm 5^{\circ}\text{C}$. The dry noodles with a reduced moisture content were kept in sealed packages at room temperature. The dried samples were ground when needed for analyses and kept at room temperature until use.

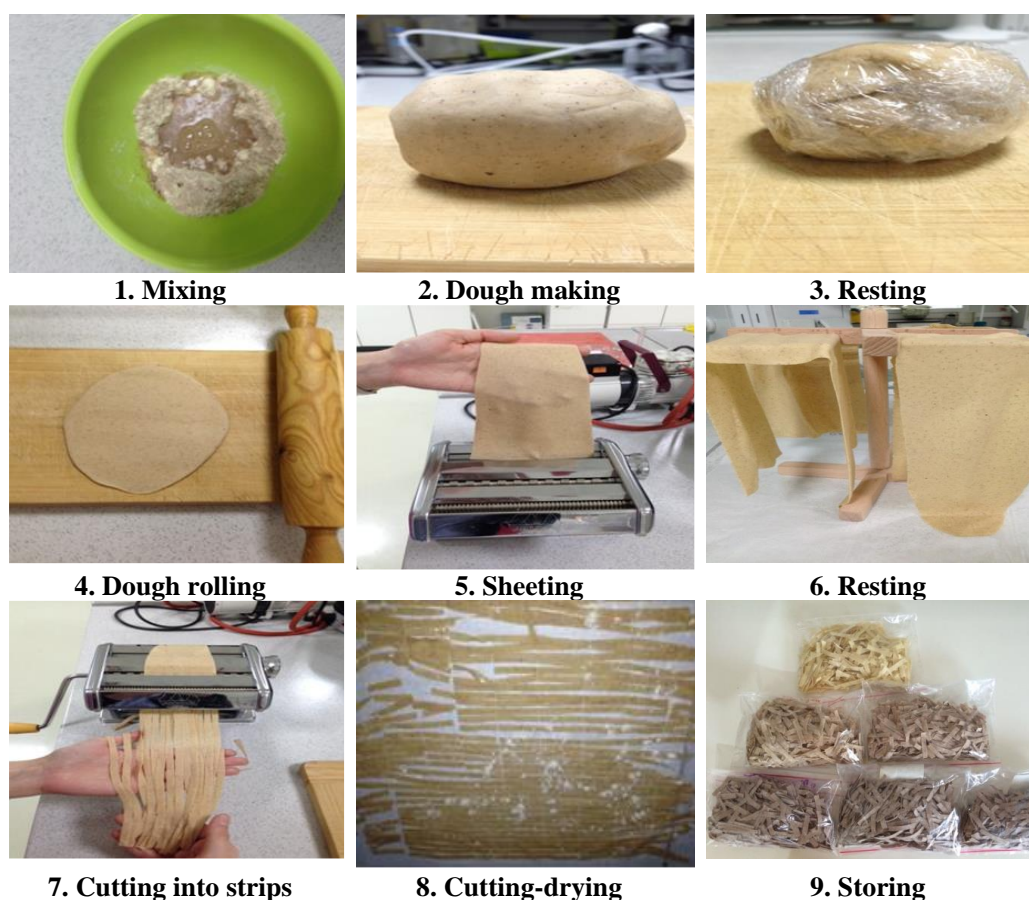


Figure 1. Production steps for the noodle samples

Analytical methods

Moisture, ash and protein contents were determined according to the AACCI Approved Methods 44-15.02, 08-01.01, 46-12.01 and 38-10.01, respectively (AACCI, 1999). For the chestnut flour (CNF) analyses, the moisture (AOAC Method No: 925.40), ash (AOAC Method No: 950.49), protein (using the Kjeldahl method, AOAC Method No: 950.48) and fat

(using the Soxhlet system, AOAC Method No: 948.22'e) analyses were carried out in accordance with the AOAC (1990). Titratable acidity (in terms of sulfuric acid) was determined by following the AACC Method No. 02-31 (AACC, 2000) and pH was determined in accordance with Cemeroglu (2013). The fat content analyses for CNF and noodle samples were also carried out by following the AOAC Method No: 948.22

(AOAC, 1990). The carbohydrate contents and calorie values of the noodle samples and chestnut flour were calculated using the Atwater general factor system. According to the system, the conversion factor is 4.0 kcal/g for protein and carbohydrates and 9.0 kcal/g for fat (Anonymous, 2003). The total dietary fiber contents of the noodle samples and chestnut flour were enzymatically determined (alpha amylase, amyloglucosidase and protease) by following the AOAC Method No. 985.29 (AOAC, 2007). The tests were carried out for at least three repetitions and the mean values were found.

Color analyses

The colors of the noodle samples and chestnut flour were determined using the Minolta CM 3600d model color measurement device. The CIE color values (L^* , a^* , b^*) were evaluated on a three-point scale: $L^*=100$ was regarded as white, $L^*=0$ was regarded as black; high positive a^* was regarded as red, high negative a^* was regarded as green; high positive b^* was regarded as yellow and high negative b^* was regarded as blue.

Cooking test

In the cooking tests of the noodle samples, the substance amount lost to water, cooking loss (CL), weight gain (water absorption) and volume expansion (VE) values were calculated in accordance with the AACCC (2000) and given in percentages (%).

Sensory evaluation

The sensory analysis of the noodle samples was carried out by 20 panelists between the ages of 20-50 years. The 1-5 hedonic scale was used for the evaluations, giving a score of 5 to the most liked noodle sample and 1 to the least liked sample (5 points: Very good, 4 points: Good, 3 Points: Acceptable, 2 Points: Not sufficient, 1 Point: Poor). The cooked noodle samples were evaluated in terms of properties comprising their color, smell, taste, appearance, chewiness and overall appreciation.

Statistical analysis

In the noodle trials, chestnut flour was added in substitute for wheat flour (0% -control, 5, 10, 20,

30 and 40% (w/w) and all analyses were carried out in three repetitions. The SAS Enterprise 5.1 program was used for statistical analyses and the differences due to chestnut flour addition were evaluated. To determine the statistically significant differences between the mean values, the LSD (Least Significant Difference) was used at the $P < 0.05$ probability level.

RESULTS AND DISCUSSION

Nutritional composition of the noodle samples

Table 1 shows the chemical properties of the noodle samples and chestnut flour. The mean moisture content of CNF was 10.97%. For chestnut flour, Šoronja-Simović et al. (2016) reported a moisture content of 6.70% and Demirkesen et al. (2010) reported a moisture content of 10.79%.

The addition of CNF significantly decreased the moisture content when compared with that of the control sample ($P < 0.05$) (Table 1). The lower moisture content is attributable to the high water absorption capacity of chestnut. With the addition of CNF, the ash and fat contents of the noodle samples increased, while their moisture and protein contents significantly decreased ($P < 0.05$) (Table 1). Banana flour-added noodle (Ritthiruangdej et al., 2011) and fax seed-added noodle (Yüksel, 2018) had decreased moisture contents compared with those of the control sample. In agreement with our result, Sacchetti et al. (2004) reported an ash content of 2.77% for CNF and Šoronja-Simović et al. (2016) reported an ash content of 1.80%. In our study, the ash content significantly increased with the addition of CNF to the noodle samples ($P < 0.05$). In their study, Akanbi et al. (2011) reported that the ash contents of the breadfruit starch-added noodle samples ranged from 1.28% to 2.25%. Bilgiçli (2009) found that the ash contents of the buckwheat flour-added noodle samples were in the range of 1.03-1.98%. Their results are close to those found in our study. The fat content of CNF was determined to be 3.70% (Table 1). Pereira-Lorenzo et al. (2006) reported that the fat content of chestnut was lower but was of higher quality compared with that of other nuts. In agreement

Effect of chestnut flour on the quality of noodle

with the results found in our study, Sacchetti et al. (2004) and Dokić et al. (2014) found that the fat content of CNF was 2.05% and 3.19%, respectively, and Demirkesen et al. (2010) reported a fat content of 3.8%. The fat contents of the samples significantly increased with the addition of CNF ($P < 0.05$) (Table 1).

Ritthiruangdej et al. (2011) reported that the addition of banana flour changed the fat content in a range of 0.04% and 0.14%. It can be said that the CNF-added noodle samples had a lower fat content when compared with other grain-added noodles.

Table 1. The effect of the addition of chestnut flour (CNF) on some chemical properties of the noodle samples*

Samples	CNF ratio (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)**	Fat (%)	TA ¹
CNF		10.97±0.08	2.30±0.01	7.24±0.02	3.70±0.15	0.44±0.0
Control	0	11.38±0.53 ^a	1.35±0.02 ^e	15.12±0.10 ^{bc}	0.41±0.01 ^e	0.07±0.00 ^c
	5	11.16±0.99 ^a	1.47±0.01 ^d	16.74±0.73 ^a	0.43±0.01 ^e	0.07±0.00 ^c
	10	10.14±0.16 ^a	1.50±0.00 ^d	15.71±0.15 ^b	0.73±0.01 ^d	0.16±0.01 ^b
CNF-added noodles	20	8.46±0.16 ^b	1.62±0.01 ^c	15.04±0.10 ^{bc}	1.32±0.01 ^c	0.17±0.00 ^b
	30	8.56±0.02 ^b	1.74±0.01 ^b	14.37±0.11 ^c	1.75±0.01 ^b	0.18±0.00 ^b
	40	7.33±0.05 ^b	1.84±0.01 ^a	13.11±0.25 ^d	2.01±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a
Min-Max		7.33-11.38	1.35-1.84	13.11-16.74	0.41-2.01	0.07-0.26

Samples	CNF ratio (%)	pH	TCC ¹ (%)	TDF ¹ (%)	Energy (kcal)
CNF		5.88±0.07	75.8±0.01	23.57±0.01	324.53±0.02
Control	0	6.50±0.02 ^a	71.72±0.50 ^c	2.74±0.18 ^e	340.04±2.75 ^a
	5	6.42±0.01 ^b	70.42±0.59 ^d	3.98±0.17 ^d	336.67±4.72 ^{ab}
	10	6.28±0.02 ^c	71.88±0.35 ^c	5.23±0.79 ^c	336.33±3.59 ^{ab}
CNF-added noodles	20	6.00±0.02 ^d	73.54±0.03 ^b	6.91±0.17 ^b	338.58±1.33 ^{ab}
	30	5.94±0.02 ^e	73.52±0.03 ^b	7.87±0.94 ^b	335.60±3.10 ^{ab}
	40	5.77±0.03 ^f	75.58±0.44 ^a	10.66±0.72 ^a	330.91±2.46 ^b
Min-Max		5.77-6.50	70.42-75.58	2.74-10.66	330.91-340.04

*Means with different superscripts in columns indicate significant difference ($P \leq 0.05$). Data are expressed as means \pm standard deviations.

**The $N \times 6.25$ factor was used for chestnut flour.

¹TA: Total Acidity, Total Carbohydrate; TDF: Total Dietary Fiber

For CNF, Sacchetti et al. (2004) determined a protein content of 6.92%, Seferoğlu (2012) determined a protein content of 4.6%, Dokić et al. (2014) determined a protein content of 5.54% and Dall'Asta et al. (2013) determined a protein content of 5.8%, all of which are higher than the protein content found in this study. The protein content in this study is close to that determined by Ahmed and Al-Attar (2015) in their study on CNF. Compared with other flour types, the protein content of CNF is close to rice flour and

is an important source in the production of gluten-free foods (Demirkesen et al., 2010). The analysis results revealed that there were no significant differences between the protein contents ($P \geq 0.05$). Although CNF has a lower protein content than wheat flour, it contains important essential amino acids, which is its most important quality (Dokić et al., 2014). Vitali et al. (2009) reported that 25% carob-added biscuits had a lower protein content and a higher ash content compared with those of reference

biscuits. The titratable acidity (TEA) of the noodle samples increased depending on the addition of CNF. Güvendi (2011) stated that the acidity values of the triticale-, husked barley- and husked oat-added noodles, control noodle and oat-added noodle varied from 0.06% to 1.34% and the TEA values increased with increasing husked barley ratio. Since chestnut is an acidic fruit, the same values increased in our study as well.

CNF has a higher dietary fiber content than wheat flour and its mean TDF content was determined to be 23.57% (Table 1). This value is higher than those reported by Sacchetti et al. (2004) and Dokić et al. (2014) but close to that reported by Demirkesen et al. (2010). This is attributable to the differences in the growing conditions and structure of chestnut and production steps. The total dietary fiber (TDF) contents of the noodle samples ranged from 2.74% to 10.66% (Table 1). The addition of CNF significantly increased the dietary fiber content of the noodle samples ($P < 0.05$). The TDF content of the banana flour-added noodle was 3.70-5.94% (Ritthiruangdej et al., 2011), TDF content of the 10% tomato peel powder-enriched pasta was 16.80% (Padalino et al., 2017) and TDF content of the 25% apple pomace-added cracker made with gluten-free flour blend was 8.96% (Alexgander et al., 2018). The results found in our study were higher or close to those previously reported by other researchers.

Table 1 shows the carbohydrate and energy values of the noodle samples. In agreement with the results found in our study, Adegunwa et al. (2012)

reported a total carbohydrate content of 64.11-73.60% for soybean and carrot powder-added noodle samples. With the addition of CNF, which has a high dietary fiber content and low fat content, the energy values significantly decreased ($P < 0.05$). Seferoğlu (2012) reported that the addition of CNF decreased the energy values and carbohydrate contents of the bread, biscuit and cake samples. Aydın and Göçmen (2014) reported that the use of pumpkin flour decreased the energy value and carbohydrate content of biscuits.

Cooking properties of the noodle samples

Cooking analyses are among important criteria for quality (Köten and Ünsa, 2014). The addition of CNF significantly increased the weight gain, volume expansion (VE) and amount of substance lost to water (cooking loss-CL) in the noodle samples ($P < 0.05$) (Table 2). Weight gain first decreased with increasing chestnut flour amount but reached a close value to that of the control sample (without CNF) when the addition ratio was 40% CNF. The closest VE value to that of the control sample was obtained with the 30-40% CNF-added noodle samples. In apricot kernel powder-added noodle, Eyidemiir (2006) reported that the water absorption value of the control sample was 124.25%, while the water absorption value of the melon kernel powder-added sample was 171.87% and volume expansion values were in the range of 150-240%. A low weight gain indicates low water binding capacity, which negatively affects the cooking quality of noodle (Wandee et al., 2014). Low volume expansion is an indicator of low water absorption by noodles, which leads to a hard texture after cooking (Bhattacharya et al., 1999).

Table 2. The effect of the addition of chestnut flour (CNF) on the cooking properties of the noodle samples*

Sample	CNF ratio (%)	Weight gain (%)	Volume expansion (%)	Cooking loss (%)
Control	0	281.62±1.90 ^a	350.00±0.01 ^a	3.53±0.05 ^b
CNF-added noodles	5	272.55±2.10 ^b	350.00±0.01 ^a	2.98±0.02 ^d
	10	256.13±1.54 ^d	326.00±1.41 ^c	3.08±0.02 ^d
	20	241.76±1.88 ^c	301.00±1.41 ^d	3.31±0.19 ^c
	30	265.71±0.87 ^c	338.75±1.76 ^b	4.74±0.03 ^a
	40	271.52±1.44 ^b	338.75±1.76 ^b	4.77±0.03 ^a
Min-Max		241.76-281.62	301-350	2.98-4.77

*Means with different superscripts in columns indicate significant difference ($P \leq 0.05$). Data are expressed as means ± standard deviations

Cooking loss (CL) is the amount of solid substance lost to cooking water (Ritthiruangdej et al., 2011). The CL values of the 30% and 40% CNF-added noodle samples were higher when compared with that of the control sample ($P < 0.05$). A high amount of substance lost to water indicates that starch is highly dissolved, which results in water turbidity, stickiness and low cooking tolerance. Thus, it is an undesired quality in noodle. Cooking loss is also an indicator of the ability of noodle to maintain its structural integrity (Wandee et al., 2014). Ugarčić-Hardi et al., (2007) reported cooking losses ranging from 7.07% to 13.21% for noodles made with different flour additives. Rani et al., (2019) found a cooking loss of 8.1% for the control sample (refined wheat flour-containing noodle) and 12% for multi-grain noodle. In our study, although the amount of substance lost to water slightly increased, it was lower than those reported in the literature. Izydorczyk et al. (2004) associated cooking loss with either poor protein-starch matrix or the disintegration of the protein-starch matrix. The functional gluten amount in noodle decreased with the addition of CNF, which can lead to increased cooking loss in noodles. In their study,

Güvendi (2011) found that cooking loss increased with the addition of whole grain flour. Eyidemir (2006) reported that cooking loss increased in parallel with the addition of apricot kernel flour.

Color values and sensory properties of the noodle samples

Table 3 shows the color analysis results for chestnut flour. With the addition of CNF to the noodle samples, the L^* (brightness) and b^* (yellowness) values significantly decreased ($P < 0.05$), while a^* (redness) significantly increased. Increasing amounts of chestnut flour resulted in darkening color. This is associated with the Maillard reactions between sugars and amino acids due to the higher protein and sugar contents of fiber-rich foods (Arshad, 2007). Rekha et al. (2013) reported that the addition of vegetable flour to pasta resulted in decreased color intensity and increased yellowness. In their study on CNF-added breads, Dall'Asta et al. (2013) reported L^* values of 57.4- 49.4, a^* values of 1.9-4.9 and b^* values of 9.2-11.5. In their study on CNF-added biscuits, İnkaya (2008) found close results to those determined in our study.

Table 3. The effect of the addition of chestnut flour (CNF) on color properties of the noodle samples*

Sample	CNF ratio (%)	L^*	a^*	b^*
CNF		47.22±1.94	0.53±0.07	13.85±0.015
Control	0	68.70±1.18 ^a	-0.57±0.13 ^e	17.94±0.14 ^a
	5	61.86±0.56 ^b	2.44±0.04 ^d	13.98±0.16 ^b
CNF-added noodles	10	53.29±2.70 ^c	4.02±0.24 ^c	13.92±0.27 ^{bc}
	20	49.00±5.36 ^c	4.59±0.24 ^b	12.90±0.37 ^d
	30	52.94±3.35 ^c	4.60±0.30 ^b	13.55±0.11 ^c
	40	49.69±2.32 ^c	5.17±0.06 ^a	14.06±0.23 ^b
Min-Max		49.00-68.70	-0.57-5.17	12.90-17.94

*Means with different superscripts in columns indicate significant difference ($P \leq 0.05$). Data are expressed as means \pm standard deviations

Table 4 shows the effect of the addition of CNF on the sensory properties of the noodle samples. An overall review of the sensory analysis results showed that there were no significant differences between the sensory properties of the noodle samples and the control sample ($P \geq 0.05$). The overall appreciation and color scores given by the panelists decreased when the CNF addition ratio

was 30%. The closest overall appreciation and taste scores to those of the control sample were obtained with the 10% CNF-added noodle sample. The 10% and 20% addition ratios are recommendable in terms of their sensory properties. In addition to its contribution to the nutritional value of the noodle samples, chestnut flour improved the sensory properties of the

samples. Similar to the results of the present study, Yadav et al. (2014) have reported that the use of 25% chestnut flour as a substitute for refined wheat flour was acceptable in terms of textural and sensory properties. In their study, Alexgender et al. (2018) reported that the 10%

apple pomace-added gluten-free crackers received higher scores than the control sample in terms of their sensory properties. Öncel (2017) found that the best combination in terms of sensory properties was obtained with the 20% amaranth and 10% quinoa-added sample.

Table 4. The effect of the addition of chestnut flour (CNF) on the sensory properties of the noodle samples

Sample	CNF ratio (%)	Color	Smell	Appearance	Taste	Chewiness	Overall Appreciation
Control	0	4.60 ± 0.60 ^a	4.80±0.41 ^a	4.70 ± 0.47 ^a	4.60 ± 0.50 ^a	4.85±0.36 ^a	4.63 ± 0.49 ^a
	5	4.15 ± 0.67 ^b	4.85±0.36 ^a	4.60 ± 0.50 ^a	4.40 ± 0.68 ^a	4.80±0.41 ^a	4.57 ± 0.60 ^a
	10	4.70 ± 0.47 ^a	4.70±0.57 ^a	4.65 ± 0.58 ^a	4.45 ± 0.51 ^a	4.70±0.47 ^a	4.68 ± 0.59 ^a
CNF-added noodles	20	4.60 ± 0.50 ^a	4.65±0.48 ^a	4.45 ± 0.60 ^a	4.35 ± 0.74 ^a	4.65±0.48 ^a	4.57 ± 0.50 ^a
	30	3.95 ± 0.68 ^b	4.30±0.65 ^b	3.65 ± 0.58 ^b	3.45 ± 0.68 ^b	4.25±0.63 ^b	3.78 ± 0.78 ^b
	40	3.80 ± 1.10 ^b	4.20±0.61 ^b	3.65 ± 0.74 ^b	3.40 ± 1.04 ^b	3.95±0.75 ^b	3.68 ± 0.88 ^b
Min-Max		3.80-4.70	4.20-4.85	3.65-4.70	3.40-4.60	3.95-4.85	3.68-4.68

^aMeans with different superscripts in columns indicate significant difference ($p \leq 0.05$). Data are expressed as means ± standard deviations.

CONCLUSION

The study investigates the effects of chestnut flour addition on certain nutritional, cooking and sensory properties of noodle samples. Compared with noodle made with refined wheat flour, CNF-added noodles had a higher dietary fiber content. Thus, its use in daily diet can be beneficial for health. The addition of chestnut flour increased the nutritional properties of the noodle samples while decreasing their calorie values. The 10% and 20% CNF-added samples received the highest appreciation scores. Therefore, they are recommendable for use in terms of their sensory properties. We recommend investigating chestnut flour addition to other food formulations and examining other properties of chestnut flour using complex analyses to prevent malnutrition.

ACKNOWLEDGEMENT

The study is derived from a part of the dissertation by Merve Mete, supervised by Dilek Dülger Altiner. A part of the thesis was presented as an oral presentation (proceeding-abstract paper) at the ICAFOF, 2017 (International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, 15-17 May Cappadocia, Turkey).

CONFLICT OF INTEREST

There are no possible conflicts of interest between the authors.

AUTHOR CONTRIBUTION

Dilek Dülger Altiner contributed as the thesis supervisor in conducting analyzes, statistical analyses of data, writing the article, and writing-review-proofreading-publishing procedures. The Master's thesis student Merve Mete carried out the preparation of samples, analyses, reporting, and writing and correction of literature sources. The authors have read and approved the final version of the article.

REFERENCES

- AACC (2000). AACC (Am Assoc Cereal Chem), Approved Methods of the AACC, 10th ed. Metotlar: 30-25, 02-31, 56.81B, 66-50. The Association: St. Paul, MN.
- AACCI (1999). Approved Methods of American Association of Cereal Chemists International, St. Paul, MN, USA.
- Adegunwa, M.O., Bakare, H.A., Akinola, O.F. (2012). Enrichment of noodles with soy flour and carrot powder. *NIFOJ*, 30(1): 74– 81.

- [https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30016-3](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30016-3).
- Ahmed, J., Al-Attar, H. (2015). Effect of drying method on rheological, thermal, and structural properties of chestnut flour doughs. *Food Hydrocoll*, 51: 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.030>.
- Akanbi, T.O, Nazamid, S., Adebowale, A.A., Farooq, A., Olaoye, A.O. (2011). Breadfruit starch-wheat flour noodles: preparation, proximate compositions and culinary properties. *Int Food Res J*, 18(4): 1283-1287
- Alexgander M, Masih D and Sonkar C. (2018). Effect of apple pomace on nutritional quality of gluten-free flour blend based cracker. *J Pharm and Phytochem*, 7(4): 2472-2475.
- Anonymous (2003). FAO, Food energy - methods of analysis and conversion factors. Report of a technical workshop. FAO Food and Nutrition Paper No. 77, Rome.
- AOAC (1990). Official methods of analysis of association of official analytical chemists (AOAC), Washington, DC, USA.
- AOAC (2007). Total dietary fibre contents assay. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, DC, USA.
- Arshad, M.U., Anjum, F.M., Zahoor, T. (2007). Nutritional assessment of cookie supplemented with defatted wheat germ. *Food Chem*, 102: 123-128. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.04.040
- Aydın, E. (2009). Yulaf katkısının eriştene kalite kriterlerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 72 s.
- Aydın, E., Göçmen D. (2014). Balkabağı (*Cucurbita moschata*) unu katkısının bisküvinin antioksidan aktivite ve besinsel kalitesine etkileri. Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, Bursa, Türkiye.
- Bhattacharya, M., Zee, S.Y., Corke, H. (1999). Physicochemical properties related to quality of rice noodles. *Cereal Chem*, 76(6): 861-867. DOI: 10.1094/CCHEM.1999.76.6.861
- Bilgiçli, N. (2009). Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of erişte, Turkish noodle. *Int J Food Sci Nutr*, 60(4): 70-80.
- Borges, O., Gonçalves, B., Carvalho, J.M., Correia, P., Silva, A.P. (2008). Nutritional quality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars from Portugal. *Food Chem*, 106: 976-984.
- Cemeroğlu, B (2013). Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi. 3rd ed. ISBN:978-605-63419-3-9. 1-40.
- Contreras-Rodríguez, O., Mata, F., Verdejo-Román, J., Ramírez-Bernabé, R., Moreno, D., Vilar-López, R., Soriano-Mas, C., Verdejo-García, A. (2020). Neural-based valuation of functional foods among lean and obese individuals. *Nutr Res*. In Press, Journal Pre-proo <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.03.006>.
- Dall'Asta, C., Cirilini, M., Morini, E., Rinaldi, M., Ganino, T., Chiavaro, E. (2013). Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. *LWT- Food Sci Technol*, 53(1): 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.025>
- Demir, B. (2008). Nohut ununun geleneksel erişte ve kuskus üretiminde kullanım imkanları üzerine bir araştırma, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 77 s.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Şahin, S. (2010). Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *J Food Eng*, 101(3): 329-336. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.07.017>
- Dokić, L., Nikolić, I., Šoronja-Simović, D., Pajin, B., Juul, N. (2014). Sensory Characterization of Cookies with Chestnut Flour, *Int Scholarly and Sci Res Innov* 8(5): 416-419. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12887>
- Domínguez Díaz, L., Fernández-Ruiz, V., Cámara, M. 2019. The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 60(10): 1738- 1746. doi:10.1080/10408398.2019.1592107

- Dong, M., An, J., Wang, L., Fan, X., Lv, M., Zhu, Y., Chang, Y., Meng, D., Yang, Q., Fu, Y. (2020). Development of fermented chestnut with *Bacillus natto*: Functional and sensory properties. *Food Res Int*, 130, 108941. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108941>
- Eyidemir, E. (2006). Kayısı çekirdeği ilavesinin eriştenin bazı kalite kriterlerine etkisi. İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Malatya, Türkiye.
- Fu, B. X. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food Res Int*, 41(9): 888–902. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.11.007>
- Güvendi, Ö. (2011). Besinsel lif ve antioksidanca zengin tahıllardan geleneksel yöntem ile erişte üretimi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bolu, Türkiye.
- ICC (1992). International Association for Cereal Chemistry. ICC Standard No:114/1, 115/1.
- Izydorczyk, M.S, Lagasse, S.L., Hatcher, D.W., Dexter, J.E., Rossnagel, B.G. (2004). The enrichment of asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley, *J S Food Agric*, 85: 2094–2104. DOI: 10.1002/jsfa.2242.
- İnkaya, A.N. (2008). Bisküvi üretiminde kestane kullanım olanaklarının araştırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.
- Kong, S., Kim, D.J., Oh, S.K, Choi, I.S., Jeong, H.S., Lee, J. (2012). Black rice bran as an ingredient in noodles: chemical and functional evaluation. *J Food Sci*, 77(3): C303-C307. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02590.x
- Kosović, I., Jukić, M., Jozinović, A., Aćkar, Đ., Komlenić, D.K. (2016). Influence of chestnut flour addition on quality characteristics of pasta made on extruder and minipress. *Czech J Food Sci*, 34: 166-172. <https://doi.org/10.17221/451/2015-CJFS>
- Köten, M., Ünsa, S. (2014). Türkiye’de üretilen makarnaların bazı kimyasal bileşimlerinin ve pişme kalitelerinin belirlenmesi. *GIDA*, 39(1): 33-40. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6960/92813>
- Littardi, P., Paciulli, M., Carini, E., Rinaldi, M., Rodolfi, M., Chiavaro, E. (2020). Quality evaluation of chestnut flour addition on fresh pasta. *LWT - Food Sci Technol*, 126: 109303. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109303>
- Liu, S., Li, Y., Obadi, M., Jiang, Y., Chen, Z., Jiang, S., Xu, B. (2019). Effect of steaming and defatting treatments of oats on the processing and eating quality of noodles with a high oat flour content. *J Cereal Sci*, 89: 102794, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102794>.
- Maqsood, S., Adiamo, O.Q., Ahmad, M., Mudgil, P. (2019). Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. *Food Chem*, 308: 125522. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125522.
- Mir, S., Bosco, S.J., Shah, M.A. (2017). Technological and nutritional properties of gluten-free snacks based on brown rice and chestnut flour. *J Saudi Soc Agric Sci*, 18: 89-94. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.02.002>
- Moreira, R.H., Chenlo, F., Torres, M.D. (2012). Effect of shortenings on the rheology of gluten-free doughs: study of chestnut flour with chia flour, olive and sunflower oils. *J Text Stud*, 43: 375-383. doi:10.1111/j.1745-4603.2012.00348.x
- Öncel, E. (2017). Erişte üretiminde farklı oran ve kombinasyonlarda karabuğday, amarant ve kinoa unlarının kullanım imkanları. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye
- Paciulli, M., Rinaldi, M., Cavazza, A., Ganino, T., Rodolfi, M., Chiancone, B., Chiavaro, E. (2018). Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. *LWT - Food Sci Technol*, 98: 451-457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.002>
- Padalino, L., Conte ,A., Lecce, L., Likyova, D., Sicari, V., Pellicano, T.M., Poiana, M., Del Nobile, M.A. (2017). Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds

- and dietary fibre. *Czech J Food Sci*, 35: 48–56. <https://doi.org/10.17221/171/2016-CJFS>
- Pereira-Lorenzo, S., Ramos-Cabrer, A.M., Dia' z-Herna' ndez, M.B., Giordia-Ara, M., Ri' os-Mesa, D. (2006). Chemical composition of chestnut cultivar from Spain. *Sci Horti*, 107: 306–314. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.08.008>.
- Prasad, K.N., Bondy, S.C. (2019). Dietary fibers and their fermented short-chain fatty acids in prevention of human diseases. *Bioact Carbohydr Diet Fib*, 17: 100170. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2018.09.001>
- Rani, S., Singh, R., Kamble, D.B., Upadhyay, A., Kaur, B. (2019). Structural and quality evaluation of soy enriched functional noodles. *Food Biosci*, 32: 100465. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100465>
- Rekha, M., Chauhan, A.S., Prabhasankar, P., Ramteke, R.S., Rao, G.V. (2013). Influence of vegetable purees on quality attributes of pastas made from bread wheat (*T. aestivum*). *CyTA - J Food*, 11: 142 - 149. <https://doi.org/10.1080/19476337.2012.708881>
- Ribeiro, R.S., Pinho, M., Falcão-Cunha, L., Freire, J.P. (2013). The use of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) as a source of resistant starch in the diet of the weaned piglet. *Anim Feed Sci Technol*, 182(1-4): 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.009>
- Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. *Food Chem*, 224: 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.055>
- Ritthiruangdej, P., Parnbankled, S., Donchedee, S., Wongsagonsup, R. (2011). Physical, chemical, textural and sensory properties of dried wheat noodles supplemented with unripe banana flour. *Kasetsart J (Nat Sci)*, 45: 500 - 509.
- Rombouts, I., Jansens, K.J., Lagrain, B., Delcour, J.A., Zhu, K. (2014). The impact of salt and alkali on gluten polymerization and quality of fresh wheat noodles. *J Cereal Sci*, 60(3): 507-513. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.09.003>
- Sacchetti, G., Pinnavaia, G.G., Guidolin, E., Dalla-Rosa, M., (2004). Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. *Food Res Int*, 37: 527–534. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.11.009>
- Sartor, C., Dini, F., Marinoni, D.T., Mellano, M.G., Beccaro, G.L., Alma, A., Quacchia, A., Botta, R. (2015). Impact of the Asian wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) on cultivated chestnut: Yield loss and cultivar susceptibility. *Sci Horti*, 197: 454-460. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.004>.
- Seferoğlu, B. (2012). Çölyak hastalarına yönelik kestane unu ve glutensiz unlarla hazırlanan ekmek, kek ve bisküvi çeşitlerinin duyu analizi ile değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 209 s.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance--a review. *Appetite*, 51(3): 456–467. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>.
- Šoronja-Simović, D., Pajin, B., Šubarić, D., Dokić, L., Šereš, Z., Nikolić, I. (2016). Quality, sensory and nutritional characteristics of cookies fortified with chestnut flour. *J Food Process Preser*, 41(1): e12887. doi:10.1111/jfpp.12887
- Ugarčić-Hardi, Ž., Jukić, M., Koceva Komlenić, D., Sabo, M., Hardi J. (2007). Quality parameters of noodles made with various supplements. *Czech J. Food Sci*, 25: 151–157. DOI: 10.17221/742-CJFS.
- Vasconcelos, M.C., Bennett, R.N., Rosa, E., Ferreira-Cardoso, J.V. (2010). Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: fresh and processed products. *J Sci Food Agric*, 90(10): 1578-1589. DOI: 10.1002/jsfa.4016.
- Vitali, D., Dragojević, I. V., Šebečić, B. (2009). Effect of incorporation of integral raw material and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chem*, 114:

1462-1469. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.032>

Wandee, Y., Dudsadee, U., Santhanee, P., Chureerat, P., Vilai, R., Nuanchawee, W. (2014). Enrichment of rice noodles with fibre-rich fractions derived from cassava pulp and pomelo peel. *International J Food Sci Technol*, 49: 2348–2355. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12554>

Yadav, B., Yadav, R.B., Kumari, M., Khatkar, B.S. (2014). Studies on suitability of wheat flour blends

with sweet potato, colocasia and water chestnut flours for noodle making. *LWT - Food Sci Technol*, 57(1): 352-358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.042>

Yüksel, F., Akdoğan, H.B., Çağlar, S. (2018). Keten tohumu ile zenginleştirilmiş eriştelere fizikokimyasal, duyuşal, pişme özellikleri ve yağ asidi kompozisyonun belirlenmesi. *GIDA*, 43(2): 222-230, doi: 10.15237/gida.GD17051.



FINDIK ZARI YAĞININ EKSTRAKSİYON PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Vasfiye Hazal Özyurt^{1*}, Irmak Tetik², Pınar Tetik²,
Hazal Saralı², Semih Ötleş²

¹Yakın Doğu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Lefkoşa, KKTC

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

Geliş / Received: 06.08.2020; Kabul / Accepted: 25.09.2020; Online baskı / Published online: 28.10.2020

Özyurt, V.H., Tetik, I., Tetik, P., Saralı, H., Ötleş, S. (2020). Fındık zarı yağının ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonu ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA* (2020) 45(6) 1073-1082 doi: 10.15237/gida.GD20094

Özyurt, V.H., Tetik, I., Tetik, P., Saralı, H., Ötleş, S. (2020). Optimization of hazelnut skin oil extraction parameters and evaluation of its physicochemical properties. *GIDA* (2020) 45(6) 1073-1082 doi: 10.15237/gida.GD20094

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, fındık zarından yağ verimini etkileyeceği düşünülen uygun çözügen, katı/sıvı oranı ve ekstraksiyon süresi parametreleri kullanılarak klasik yağ ekstraksiyon yöntemi ile en yüksek verimde yağ ekstraksiyonu için cevap-yüzey yönteminin kullanılmasıdır. En yüksek verimde yağ ekstraksiyonunu sağlayan koşullar; çözügen olarak kloroform, katı/solvent oranı 0.01 g/ml ve ekstraksiyon süresi 5 saat olarak seçilmiştir. Ekstrakte edilen yağda, toplam fenolik bileşik miktarı 108.819 mg GAE/L, DPPH radikal yakalama kapasitesi 264.557 mg Trolox /L ve K232 değeri 3.698, K270 değeri 3.296, p-Anisidin değeri 2.543 ve b* (sarılık) değeri 14.7 olarak bulunmuştur. Fındık zarı, sağlığa faydalı bileşenler içermektedir. Ayrıca atık olarak değerlendirilen bir ürünün katma değeri yüksek bir başka ürüne çevrilmesi ile ekonomik açıdan da değerli bir hammaddedir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan aktivite, Cevap-yüzey yöntemi, gıda atığı, fenolik bileşikler

OPTIMIZATION OF HAZELNUT SKIN OIL EXTRACTION PARAMETERS AND EVALUATION OF ITS PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

ABSTRACT

The aim of this study is to use the response-surface method for the highest yield oil extraction using the suitable solvent, solid/liquid ratio and extraction duration parameters, which are thought to affect oil yield from hazelnut skin. The conditions that provide the highest efficiency oil extraction were chosen as chloroform, solids/solvent ratio 0.01 g/ml and extraction duration as 5 hours. In the extracted oil, the total amount of phenolic compound was found as 108.819 mg GAE/L, the DPPH radical scavenging activity was 264.557 mg Trolox/L and the K232 value was 3.698, the K270 value was 3.296, the p-Anisidin value was 2.543 and the b* (yellowness) value was 14.7. Hazelnut skin contains components that are beneficial for health. In addition, it is an economically valuable raw material by converting a product considered as waste into another product with high added value.

Keywords: antioxidant activity, response-surface methodology, food waste, phenolic compounds.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hazal.ozyurt@neu.edu.tr,

☎ (+90) 392 223 6464,

☎ (+90) 392 680 2000

Vasfiye Hazal Özyurt; ORCID no: 0000-0003-2524-5381

Irmak Tetik; ORCID no: 0000-0002-1506-5355

Pınar Tetik; ORCID no: 0000-0003-3559-9730

Hazal Saralı; ORCID no: 0000-0001-6833-6668

Semih Ötleş; ORCID no: 0000-0003-4571-8764

GİRİŞ

Fındık bitkisi, iklimin ılıman olduğu kesimlerde bodur kalmış ağaç olarak nitelendirilmektedir (Doğanay, 2012). Türkiye dünyadaki en büyük fındık üreticilerinin arasındadır ve dünya fındık üretiminin %65'ini karşılamaktadır (Altun vd., 2013). Fındık oldukça zengin bir içeriğe sahiptir. Bu zengin içeriği yağ bileşimi, mineraller, fitosteroller, lif, karbonhidrat, protein, vitamin (vitamin E) ve antioksidan fenolik bileşikler sağlamaktadır. Bu önemli içerikten dolayı hem besleyici özellik taşımakta hem de insan sağlığına birçok faydası bulunmaktadır (Shahidi ve Alasalvar, 2004).

Fındık zarı, taneyi tamamen saran ince ve kahverengi tabaka olarak tanımlanmaktadır (Duraklı Velioglu vd., 2017). Kavurma işleminin yan ürünü olarak elde edilen fındık zarı, fındık meyvesinin yaklaşık %2.5'ini meydana getirmektedir (Alasalvar vd, 2009). Fındık zarında bulunan doğal antioksidanların ekstraktları, besin takviyesi ve nutrasötik olarak kullanılmaktadır (Alasalvar vd, 2009). Ayrıca fındık zarı enerji üretimi için de kullanılmaktadır ve son yıllarda yapılan çalışmalar fındık zarının, farmasötik ve nutrasötik çalışmalar için ucuz aynı zamanda önemli bir doğal antioksidan kaynağı olduğunu doğrulamıştır. Dahası, fındık zarı, diyet lifi ve bazı fenolik maddeleri de içermektedir (Özyurt ve Ötleş, 2018).

Dünyada her yıl ortalama 200 milyon ton üretilen organik atıklar doğrudan tabiata bırakılmakta veya hiçbir işlem yapılmaksızın yakıt, hayvan yemi ya da gübre olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu atıkların değerlendirilmesi yönündeki çalışmaların giderek artmasıyla enerji ve hammaddenin korunması açısından yeni uygulamalara gereksinim duyulmaktadır. Üretici firmaların; bitkisel kaynaklı atık maddelerin potansiyel yararlarının farkına varmaları ve tüketicilerin her geçen gün bitkisel yağların içerdikleri biyoaktif bileşenleri sayesinde insan sağlığına olumlu katkıları hakkında bilgi edinilmesi bitkisel kaynaklı atık materyallerin değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Nar üretiminde önemli bir yere sahip ülkemizde, bir atık olarak değerlendirilen nar çekirdeğinin yağına ilişkin yapılan çalışma

sonrasında, nar çekirdeğinde bulunan yağ miktarı %21.25 olarak bulunmuştur (Gölükçü vd. 2005). Ülkemizin dünyada önemli bir üretim miktarına sahip olduğu kayısı meyvesinin çekirdeğinden soğuk pres ve solvent ekstraksiyonu yöntemleri ile kayısı çekirdeği yağı ekstrakte edilmiş ve toplam yağ içeriği sırasıyla %35.6 ve %45.9 olarak bulunmuştur (Uluata, 2016). Dünyada Türkiye'nin üretimde 1. olduğu bir diğer meyve olan vişnenin de çekirdeğin yağ içeriği yönüyle değerlendirilmesi yönüyle çalışmalar yapılmıştır (Yılmaz ve Gökmen, 2013).

Analitik kimyada geleneksel olarak yapılan optimizasyon, bir değişkenin deneysel sonuçlar üzerindeki etkisi izlenmektedir ve sadece bir değişken değiştirilip diğer tüm değişkenler sabit tutulmaktadır. Yapılan bu optimizasyon geleneksel tek faktör optimizasyonu olarak adlandırılmaktadır. Geleneksel optimizasyonda en büyük sorun yapılan çalışmalarda değişkenler arasında interaktif etki olmamasıdır. Dolayısıyla bu teknik, parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkisini tam anlamıyla göstermemektedir. Tek faktör optimizasyonunda (one-factor optimization) diğer bir dezavantaj ise araştırmayla ilgili yapılması gereken deney sayısının artmasıdır. Deney sayısının artmasıyla birlikte süre, materyal ve kimyasal madde tüketimi de artmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelinmesi için, analitik prosedürlerin optimizasyonu çok değişkenli istatistik teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Analitik optimizasyonda kullanılacak olan çok değişkenli tekniklerden en uygun olanı Cevap-Yüzey metodudur (RSM). Bu metod matematiksel ve istatistiksel tekniklerden oluşan bir metottur. Birden fazla değişkenin etkilediği sonuçlar için uygulanan en iyi yöntemdir ve bu değişkenlerin arasındaki düzeyleri aynı anda en iyi sistem performansına ulaştırmak için optimize etmektedir (Bezerra vd., 2008).

Bu çalışmanın amacı, fındık zarından yüksek verimle yağ ekstrakte edilmesi ve elde edilen yağın fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesidir.

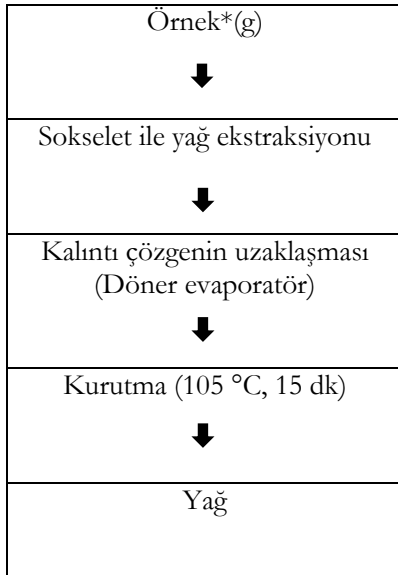
MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, kullanılan fındık zarı örnekleri bir fındık üreticisinden işlem atığı olarak temin

edilmiştir. Örnekler işleninceye kadar -20 °C sıcaklıkta %80-90 bağıl neme sahip derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Yağ ekstraksiyonu ve optimizasyonu

Çalışmada fındık zarı ekstraktının eldesinde klasik yağ ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle ekstraksiyon için uygun ortam hazırlanmıştır. Ortam koşullarına etki eden parametreler katı/sıvı oranı, çözügen tipi ve ekstraksiyon süresi olarak belirlenmiştir. Katı/sıvı oranı, çözügen tipi ve ekstraksiyon süresinin ekstraksiyondaki toplam yağ verimi üzerine etkisi cevap-yüzey yöntemi (RSM) ile incelenmiştir. Yapılan ekstraksiyonun aşamaları Şekil 1'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 1 Ekstraksiyon Aşamaları

Figure 1 Extraction steps

Cevap-Yüzey yönteminde deneme planının oluşturulması için Box-Benhnken dizaynı kullanılmıştır. Literatür araştırmaları sonucunda yağ ekstraksiyonunda önemli parametreler bağımsız değişken olarak seçilmiştir ve söz konusu bağımsız değişkenler katı/sıvı oranı (X1), çözügen tipi (X2) ve ekstraksiyon süresi olarak ifade edilmiştir. Bağımsız değişkenlerin sonucunda yapılan deneme planında analiz edilmesi beklenen yağ miktarı (Y1) bağımsız değişkenlere bağlı olduğu için bağımlı değişken olarak ifade edilmektedir.

Söz konusu bağımsız değişkenler ile sistemdeki yanıtların arasındaki ilişki bilinmediği için ikinci dereceden polinomial bir modelle gerçek yanıt fonksiyonuna ulaşılabileceği varsayılmıştır. Kullanılan Cevap yüzey metodu, Box-Benhnken ile toplamda 23 farklı deneme planı elde edilmiştir (Çizelge 1). Eksenel noktalar bağımsız değişkenlerin en yüksek (+1) ve en düşük (-1) değerleri aldıkları noktalardır ve modeldeki eğriliğin tahminlenmesini sağlamak için 2⁴ faktöriyel dizayna eklenmiştir. Her bir değişken için kodlanmış seviyeler Çizelge 1'de verilmiştir. Ekstraksiyon değişkeni olarak ekstraksiyon süresi (Saat), katı/sıvı oranı (g/mL), çözügen tipi (Kloroform/n-Hegzan) belirlenmiş ve %verim hesaplanmıştır. Deneme planına uygun şekilde ekstraksiyonlar yapılmıştır.

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu

Fındık zarındaki toplam fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu Slatnar vd (2015) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Bu metoda göre 10 g yağ santrifüj tüpüne tartılmış ve üzerine 5 mL n-hegzan ve 5 mL metanol:su (v/v, 60/40) ilave edilmiştir. 3500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve metanol fazı ölçekli deney tüpüne alınmıştır. Daha sonra kalan yağ ve n-hegzan karışımına tekrardan 5 mL metanollü su (v/v, 60/40) eklenmiştir. 2 dakika boyunca çalkalanmış ve 3500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Metanol fazı ilk başta kullanılan ölçekli deney tüpüne alınmıştır ve örnek elde edilmiştir. Elde edilen örnek hem toplam fenolik bileşik analizi hem de antioksidan aktivite (DPPH) analizi için kullanılmıştır.

Toplam Fenolik Bileşik Analizi

100 µL fenolik bileşik ekstraktı üzerine 6 mL saf su ve 500 µL Folin Colin (FC) reaktifi eklenmiş, 8 dakika karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 1,5 mL sodyum karbonat (%20 w/v) ve 2 mL ultra saf su eklenmiş, iyice çalkalanmış ve 1 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. 765 nm'de okuma yapılarak sonuç mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) cinsinden ifade edilmiştir. 20-600 ppm arasında hazırlanan standart çözeltileri ile gallik asit standart eğrisi çizdirilmiştir.

Çizelge 1 Cevap-Yüzey metodu ile elde edilen deneme planı
 Table 1 Experimental design obtained by response surface methodology

Deneme	Ekstraksiyon Süresi (Saat)	Katı/Sıvı oranı (g/mL)	Çözgen Tipi (Kloroform/n-Hegzan)
2	3	0.09	Kloroform
9	3	0.02	Kloroform
21	2.17	0.06	Kloroform
8	3	0.02	n-Hegzan
12	3	0.09	n-Hegzan
19	2.17	0.06	n-Hegzan
1	5	0.06	Kloroform
4	5	0.06	Kloroform
5	5	0.06	Kloroform
17	5	0.06	n-Hegzan
23	5	0.10	n-Hegzan
7	5	0.10	Kloroform
10	5	0.06	Kloroform
11	5	0.06	Kloroform
6	5	0.06	n-Hegzan
13	5	0.06	n-Hegzan
16	5	0.06	n-Hegzan
3	5	0.01	n-Hegzan
15	7	0.09	n-Hegzan
22	7	0.02	n-Hegzan
25	7.83	0.06	n-Hegzan
14	5	0.01	Kloroform

DPPH radikal yakalama kapasitesi analizi

Antioksidan aktivite tayini için Kozłowska vd (2016) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. 0.5 mL fenolik bileşik ekstraktı üzerine 3.25 mL metanol ve 0.25 mL 1 mM metanolik 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) eklenmiştir. Bu işlem bir tüpte gerçekleştirilmiştir. Tüp 10 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 515 nm’de köre karşı okuma yapılmıştır. 20-600 ppm arasında hazırlanan standart çözeltileri ile 6-hidroksi-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboksilik asit (Trolox) standart eğrisi çizdirilmiştir.

Renk analizi

Ekstrakte edilen yağda renk değeri (L^* , a^* ve b^*) Hunterlab Kolorimetresi (HunterLab ColorFlex Standards Box s/n: CX1633) ile Rezig vd (2012) metoduna göre belirlenmiştir.

p-Anisidin analizi

P-Anisidin analizi için Mohanan vd (2018) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu

metoda göre 1 g yağ üzerine 25 mL izooktan eklenerek yağ çözeltilisi elde edilmiştir. Elde edilen yağ çözeltilisinden 5 mL alınmış ve üzerine 1 mL hazırlanan p-Anisidin solüsyonundan eklenmiştir ve örnek elde edilmiştir. Hazırlanan örnek bir tüpe alınarak 10 dakika bekletilmiş ve köre karşı absorbans ölçümü 350 nm’de gerçekleştirilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır ve p-Anisidin değeri hesaplanmıştır.

$$p\text{-Anisidin} = 25 \frac{[1,2(As-Ab)]}{m}$$

Ab = Yağ çözeltilisinin absorbansı

As = 10 dakika bekletilen örneğin köre karşı absorbansı

m = g olarak örnek miktarı (yağ)

K232 ve K270 Analizi

K232 ve K270 tayini için Rabadan vd (2018) metodundan yararlanılmıştır. Bu metoda göre 40 µL yağ üzerine 4 mL n-hegzan eklenmiştir. 232 ve 270 nm’de köre karşı okuma yapılmıştır.

Gaz kromatografisi ile yağ asidi kompozisyonu analizi

Gaz kromatografisi analizi için Cicero vd (2018) metodundan yararlanılmıştır. Bu metoda göre 0.2 g yağ tartılmış, üzerine 4 mL n-hegzan ve 0.4 mL 2 N metanollü KOH eklenmiştir. Santrifüj tüpü oda sıcaklığında 30 sn çalkalanmıştır ve oluşan üst faz vialde alınmıştır. Vialden 0.6 µL hazırlanan örnekten alınarak GC-FID (Agilent Technologies 7820A, G4350 GC Alev iyonizasyon dedektörü (FID) (Agilent Technologies Inc., Wilmington, DE, USA) cihazına enjekte edilmiştir. DB-23 kapiler kolon (30 m x, 0.250 mm x 0.25 µm) kullanılmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Fındık zarından yağ ekstraksiyonunun optimizasyonu

Fındık zarından yağ ekstraksiyonunu gerçekleştirebilmek için ekstraksiyon koşullarını sağlamak amacıyla Box-Benken dizaynı, Cevap-Yüzey Metodu'ndan yararlanılmıştır. Bunun nedeni ise Box-Benken dizaynının diğer cevap-

yüzey yöntemlerinden (central composite, Doehlert matris ve three-level full factorial dizayn) daha etkili bir deneysel dizayn olmasıdır (Ferreira vd, 2007).

Ekstraksiyon için kullanılan parametreler ise ekstraksiyon süresi (saat), katı/sıvı oranı (g/mL) ve çözügen tipi olarak belirlenmiştir. Sonucu belirlemek için RSM' nin kullandığı istatistiksel program olan ANOVA verileri istatistiki açıdan anlamlı çıkmamıştır. Çizelge 2'de elde edilen % yağ verimleri gösterilmektedir. Minimum % yağ verimini veren nokta, katı/sıvı oranı 0.09 g/mL olarak seçildiğinde ve çözügen olarak n-Hegzan kullanıldığında 7 saatlik ekstraksiyon süresi olarak seçilmiştir ve sonuç olarak yağ verimi %12.45 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen maksimum % yağ verimini veren nokta ise katı/sıvı oranı 0.01 g/mL olarak seçildiğinde ve çözügen olarak kloroform kullanıldığında 5 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda elde edilmiştir ve maksimum yağ verimi %31.21 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2 Cevap-Yüzey metodu ile elde edilen deneme planı ve % yağ verimleri
Table 2 Experimental design obtained by response surface methodology and %oil yield

Deneme	Ekstraksiyon Süresi (Saat)	Katı/Sıvı oranı (g/mL)	Çözügen Tipi (Kloroform/n-Hegzan)	Yağ Verimi (%)
2	3	0.09	Kloroform	17.34
9	3	0.02	Kloroform	28.26
21	2.17	0.06	Kloroform	24.20
8	3	0.02	n-Hegzan	20.94
12	3	0.09	n-Hegzan	20.09
19	2.17	0.06	n-Hegzan	17.16
1	5	0.06	Kloroform	28.36
4	5	0.06	Kloroform	27.39
5	5	0.06	Kloroform	27.45
17	5	0.06	n-Hegzan	24.50
23	5	0.10	n-Hegzan	24.02
7	5	0.10	Kloroform	25.56
10	5	0.06	Kloroform	19.91
11	5	0.06	Kloroform	22.66
6	5	0.06	n-Hegzan	17.60
13	5	0.06	n-Hegzan	21.59
16	5	0.06	n-Hegzan	15.35
3	5	0.01	n-Hegzan	21.70
15	7	0.09	n-Hegzan	12.45
22	7	0.02	n-Hegzan	22.65
25	7.83	0.06	n-Hegzan	24.06
14	5	0.01	Kloroform	31.21
26	5	0.06	n-Hegzan	28.68

Fındık zarı yağına uygulanan fizikokimyasal analizleri

Fındık zarından elde edilen yağ örneğinin, toplam fenolik bileşik analizi sonucu 108.819 mg GAE/L olarak elde edilmiştir. Litridou vd (1997), Yunanistan'ın farklı bölgelerinden alınan zeytinyağı örneklerinin fenolik bileşiklerini inceledikleri çalışmada, zeytinyağlarının toplam fenolik bileşiklerinin 60-200 ppm aralığında olduğunu belirtmiştir. Zeytinyağı ile yapılan bir diğer çalışma ise Saitta vd (2002), *Nocellara del, Santa Gates* ve *Cerasuola* zeytin çeşitlerinden elde edilen yağların fenolik bileşiklerinin araştırıldığı çalışmadır. Bu çalışmada, yağlardaki toplam fenolik bileşik miktarlarının 116.6-390.3 ppm aralığında olduğu ifade edilmiştir. Owen vd (2000), yaptıkları çalışmada rafine zeytinyağlarının toplam fenolik bileşiklerini 50-74 ppm aralığında gözlemlediklerini belirtmiştir. Özyurt (2019) soğuk pres yöntemiyle elde edilmiş çeşitli çekirdek yapılarındaki toplam fenolik bileşik içeriğini 444.00-1390.20 mg gallik asit eşdeğeri/L aralığında bulmuşlardır. Siger vd. 2008 tarafından yapılan bir başka çalışmada soya, ayçiçeği, kolza, mısır, uzun çekirdeği, pirinç keperi ve balkabağı yağlarının toplam fenolik bileşik içerikleri 0.51-2.46 mg kafeik asit eşdeğeri/100 g yağ aralığında bulunmuştur.

Fındık zarından elde edilen yağın, antioksidan aktivite (DPPH) analizi sonucu ise 264.557 mg Trolox/L olarak elde edilmiştir. Ceviz küspesi yağı üzerine çalışma yapan Kiss vd, (2020) ceviz küspesi yağının antioksidan aktivite (DPPH) sonucunu 241.16 ± 7.88 mg TEA/g olarak ifade etmişlerdir. Yağların antioksidan aktivitelerinin değerlendirilmesinde oksidasyon işlemlerinin karmaşıklığından dolayı farklı antioksidan aktivite yöntemleri (ABTS, DPPH, ORAC, etc.) kullanılmaktadır (Apak vd. 2016). Literatür karşılaştırması yapıldığında fındık zarı yağının antioksidan aktivite değeri daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum fındık zarı yağının iyi bir antioksidan içeriğine sahip olduğunu ve depolama, ısı ve ışık gibi oksidatif şartlar altında bu yağın stabil olarak kalacağını göstermektedir.

Yapılan renk analizi sonucu elde edilen aydınlık değeri olan L^* 9.203, kırmızılık değeri olan a^*

5.283 ve sarılık renk değeri olan b^* 14.17 olarak elde edilmiştir. Ham ve rafine fındık yağı üzerine çalışma yapan Kesen vd, (2016) ham fındık yağının sarılık değeri olan b^* değerini 33.95 ± 0.01 , rafine fındık yağının b^* değerini ise 1.08 ± 0.01 olarak ifade etmişlerdir. Türkoğlu vd (2012) yaptıkları çalışmada ise üzerinde çalışılan zeytinyağı çeşitlerinin renk değerleri şu şekilde ifade etmişlerdir: Aydınlık değeri olarak bilinen L^* değerinin 20.22 ve 24.56 sayısal değerleri arasında, zeytinyağı çeşitlerinin a^* (kırmızılık) değeri 0.70 ve 2.60 arasında, b^* (sarılık) değerinin ise 1.39 ve 5.85 arasında olduğu şeklindedir. Sarılık değerine etki eden faktörlerin yağ işleme koşulları, yetiştirme şartları, hasat zamanı ve çeşit özelliği olduğu düşünülmektedir. Kavurma işleminde uygulanan sıcaklık ve süre artış gösterdiğinde Hunter a ve b değerlerinin de artış gösterdiği belirtilmiş ancak Hunter L değerinde azalma görüldüğü ifade edilmiştir (Artık, 2004). Literatür karşılaştırılması yapıldığında rafinasyon ve kavurma işlemlerinin yağ renkleri üzerinde etkilerinin olduğu görülmüştür. Rafinasyon işlem basamaklarından olan deodorizasyon ve topraklama uygulamalarının yağların rengini açtığı ifade edilmektedir bu yüzden sarılık değeri olan b^* değerinin (14.17) yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

p-Anisidin değeri yağ hakkında karakteristik bilgi vermektedir. Yağın içindeki karbonil bileşikleri tespit edilmektedir (Osborn ve Akoh, 2003). Yaptığımız çalışma sonucu p-Anisidin değeri 2.543 olarak elde edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada elde edilen p-Anisidin değerinin yüksek çıkmasının nedeninin depolama koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Türkiye'de fındık yağı pişirme, kızartma ve salata sosu amacıyla kullanılmaktadır. Fındık yağı ve zeytinyağı arasında kompozisyon açısından benzerlik bulunmaktadır. Bu benzerlik, fındık yağının ticari açıdan ve besleyici özelliği bakımından önemini artırmaktadır (Karabulut vd., 2005). Yaptığımız çalışmada fındık zarı yağının özgül absorpsiyon değerleri incelenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne (2017) göre zeytinyağı ve pirina yağlarına ait özgül soğurma değerleri olarak K232 değeri natürel

sızma zeytinyağı için ≤ 2.50 ve natürel birinci zeytinyağı için ≤ 2.60 ifade edilmiştir. K270 değeri ise natürel sızma zeytinyağı, natürel birinci zeytinyağı, rafine zeytinyağı, rafine pirina yağı ve pirina yağı için sırasıyla ≤ 0.22 , ≤ 0.25 , ≤ 1.25 , ≤ 2.00 ve ≤ 1.70 olarak belirtilmiştir. Yaptığımız çalışmada fındık zarı yağının K232 değeri 3.698 ve K270 değeri ise 3.296 olarak bulunmuştur. Yapılan TGK karşılaştırması ile fındık zarı yağının özgül absorbands değerinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Zeytinyağında önemli kalite kontrol parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler kaliteyi ve saflığı belirleyen parametreler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. UV soğurma değerleri, kaliteyi belirleyen parametreler arasında yer almaktadır. UV özgül absorbands değerleri oksidasyona dayanıklılığın ifadesi olarak belirtilmektedir. (Kıvrak, 2016). Yaptığımız çalışmada özgül absorbands değerlerinin yüksek çıkmasının nedeninin oksidasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çevik vd, (2015) yaptığı çalışmada ise olgunluk parametresinin de önemli olduğu vurgulanmış ve olgunluğun artması ile UV özgül absorbands değerlerinin azaldığı belirtilmiştir.

Son yıllarda kimyasal bileşim ve besin değeri bakımından daha fazla avantaja sahip yeni bitkisel yağ kaynakları elde etmek için çok fazla araştırmanın yapıldığı belirtilmiştir. Bitkisel yağlar öncelikle triaçilgliserollerden oluşmakta birkaç yağ

asidinin baskın olduğu (TAG), özellikle de 16 ve 18 karbon atomlu doymuş, mono veya di doymamış karbon zincirlerinden meydana gelmektedir. Fındık yağları da böyle bir genel kalıba cevap vermesine rağmen majör yağ asitlerinin konsantrasyonlarında bulunan geniş değişkenlik bu yağların mutfak, kozmetik, farmasötik ve tıbbi amaçlar veya endüstriyel uygulamalar da yer bulmasına imkan vermektedir. Fındık, badem, kaju ve fıstık tekli doymamış yağ asitleri açısından, Brezilya cevizi ve ceviz çoklu doymamış yağ asitleri bakımından belirgin bir baskınlığa sahip olan yağ bileşimlerini yansıtmaktadır (Maestri vd, 2020).

En yüksek yağ veriminin elde edildiği ekstraksiyon koşulunda fındık zarı yağında % 80.515 oranı ile en fazla bulunan yağ asidi oleik asit olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Türk Gıda Kodeksi "Bitki Adı ile Anılan Yemelik Yağlar Tebliği"ne göre, deneysel çalışmalarda kullanılan, fındık zarı yağ asidi kompozisyonu, Türk Gıda Kodeksi'nde bulunan fındık yağı, oleik asit (C18:1) içeriği ile karşılaştırıldığında yer alan değerler (%71.0-91.0) ile uyumlu olduğu görülmüştür. Kaju yağında çalışma yapan Zanqui vd, (2020) 634.04 ± 1.93 (mg/g) oranı ile en fazla bulunan yağ asidi oleik asit olarak ifade etmiştir. Literatür karşılaştırması sonucunda kabuklu kuru yemişlerin oleik asit yönünden zengin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3 Fındık zarından elde edilen yağın yağ asidi kompozisyonu
Table 3 Fatty acid composition of hazelnut skin oil

Pik No	Zaman	%Alan	Yağ Asidi
1	7.958	0.057	C14:0
2	16.142	7.427	C16:0
3	16.589	0.156	C16:1
4	19.888	1.662	C18:0
5	20.325	80.515	C18:1
6	20.971	9.569	C18:2
7	27.962	0.472	C18:3
8	31.776	0.143	C20:0

Baş vd, (1986) yaptığı çalışmada ise çeşitli fındık türlerinden elde edilen yağların, yağ asidi kompozisyonlarına bakıldığında en fazla bulunan yağ asidinin oleik asit olduğu belirlenmiştir. Tömbül fındık çeşidinde oleik asit miktarı 100

gram yağ için 82.61 ± 0.51 olarak belirtilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada da fındık zarı yağında %80.515 oranı ile en fazla bulunan yağ asidinin oleik asit olduğu belirlenmiştir. Fındık içeriğinde bulunan yağ asidi kompozisyonu

depolama sırasındaki kararlılık ve bozulma açısından önem taşımaktadır. Yağın içerisinde bulunan linoleik asit (C18:2) çift bağlı ve doymamış bağları içerdiği için oksitlenerek bozulmaya ve acılaşıma sebep olmaktadır. Bu yüzden fındık türlerinin kompozisyonundaki linoleik asit miktarlarına dikkat edilmelidir.

Bu çalışmada en basit ve en ucuz yol ile en yüksek miktarda yağ elde etmeye imkân sağlayan sokselet ekstraksiyon yöntemi kullanılarak bitkisel bir atık olan fındık zarından yağ eldesi üzerine çalışılmıştır. Ekstrakte edilen yağda, toplam fenolik bileşik miktarı 108.819 mg/L, DPPH radikal yakalama kapasitesi 264.557 mg/L ve K232 değeri 3.698, K270 değeri 3.296, p-Anisidin değeri 2.543 ve b* (sarılık) değeri 14.7 olarak bulunmuştur. Sanayileşme ile birlikte tüketim miktarı artmış bu durum beraberinde atık sorununu da getirmiş ve atıklardan kaynaklı çevre probleminin önüne geçebilmek büyük önem kazanmıştır. Geri dönüşümün sağlanması durumunda bitkisel atıklar, katma değeri en yüksek katı atık olarak avantaja sahiptir. Sağlığa iyi gelen koruyucu özelliğinin yanı sıra beslenme açısından oldukça büyük öneme sahip olan fenolik bileşikler bakımından değerli olduğu görülen fındık zarı yağının değerlendirilmesi çalışmaları ile gelecek vadettiği görülmektedir.

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: VHÖ: %40; IT %25; PT: %15; HS: %10; SÖ:%10

KAYNAKLAR

Alasalvar, C., Karamac, M., Kosinska, A., Rybarczyk, A., Shahidi, F., Amarowicz, R., (2009). Antioxidant activity of hazelnut skin phenolics, *J. Agric Food Chem*, 57:4645-4650.

Altun, M., Celik, S. E., Güçlü, K., Özyürek, M., Erçağ, E., Apak, R. (2013). Total antioxidant capacity and phenolic contents of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernels and oils. *J. Food Biochem.*, 37(1), 53-61.

Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *J. Food Eng.*, 80(1), 61-67.

Apak R, Özyürek M, Güçlü K, Çapanoglu E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *J. Agric Food Chem*. 2016;64(5):997–1027.

Artık, N. Y. (2001). Türk fındıklarının fenolik bileşik dağılımı ve kavurma prosesinde değişimi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu

Baş, F., Ömeroğlu, S., Türdü, S., Aktaş, S. (1986). Önemli türk fındık çeşitlerinin bileşim özelliklerinin saptanması. *GIDA*, 11(4).

Bezerra, M.A., Santelli, R.E., Oliveira, E.P., Villar, L.S., Escalera, L.A. (2008). Reponse surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry, *Talanta*, 76; 965-977.

Candiotti, L.V., De Zan, M.M., Cámara, M.S., Goicoechea, H.C. (2014). Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development, *Talanta*, 124; 123-38.

Cicero, N., Albergamo, A., Salvo, A., Bua, G. D., Bartolomeo, G., Mangano, V., Dugo, G. (2018). Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. *Int. food Res International*, 109, 517-525.

Çevik, Ş., Özkan, G., Kıralan, M. (2015). Çeşit, Olgunluk ve Yoğurma Şartlarının Zeytinyağı Verimi, Bazı Kalite Parametreleri ve Aroma Profili Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 13(4), 335-347.

Dikmen, D. (2015). Sert Kabuklu Kuruyemişler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 43(2), 174-182.

Doğanay, H. (2012). Türkiye fındık meyvacılığındaki yeni gelişmeler. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 17(27), 1-22.

Gölükçü, M., Tokgöz, H., Çelikyurt, m. A. (2005). Nar çekirdeğinin bazı özellikleri ve nar çekirdeği yağının yağ asiti bileşimi. *Derim*, 22(2), 33-40.

- Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., Ozay, D. S. (2005). Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *Eur J of Lipid Sci Technol*, 107(78), 476-480.
- Kesen, S., Sönmezdağ, A. S., Kelebek, H., Selli, S. (2016). Ham ve Rafine Fındık Yağlarının Yağ Asitleri Bileşimi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 79-84.
- Kıvrak, M. (2016). Zeytinyağı Kalite Kontrol Kriterleri. Zeytincilik ve Zeytin İşleme Teknolojisi Programı. T.C. Balıkesir Üniversitesi Edremit Meslek Yüksekokulu.
- Kiss, T., Mašan, V., Híc, P. (2020). Antioxidant Capacity, Total Phenolic Compounds and Fatty Acids Composition in Walnut Oil and Bagasse Pellets Produced at Different Parameters of the Screw Press. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendelianae Brun.*, 68(3), 519-527.
- Kozłowska, M., Gruczyńska, E., Ścibisz, I., Rudzińska, M. (2016). Fatty acids and sterols composition, and antioxidant activity of oils extracted from plant seeds. *Food Chem*, 213, 450-456.
- Litridou, M., Linssen, J., Schols, H., Bergmans, M., Posthumus, M., Tsimidou, M., Boskou, D. (1997). Phenolic compounds in virgin olive oils: fractionation by solid phase extraction and antioxidant activity assessment. *J. Sci. Food Agric*, 74(2), 169-174.
- Maestri, D., Cittadini, M. C., Bodoira, R., Martínez, M. (2020). Tree Nut Oils: Chemical Profiles, Extraction, Stability, and Quality Concerns. *Euro J Lipid Sci Technol*, 1900450.
- Miraliakbari, H., Shahidi, F. (2008). Oxidative stability of tree nut oils. *J. Agric Food Chem*, 56(12), 4751-4759.
- Mohanan, A., Nickerson, M. T., Ghosh, S. (2018). Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants. *Food Chem*, 266, 524-533.
- Nizamlioğlu, N. M. (2015). Kavurma ve depolama koşullarının Bademin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. ???
- Osborn, H. T., Akoh, C. C. (2004). Effect of emulsifier type, droplet size, and oil concentration on lipid oxidation in structured lipid-based oil-in-water emulsions. *Food Chem.*, 84(3), 451-456.
- Owen, R. W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W. E., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. (2000). Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food Chem. Toxicol.*, 38(8), 647-659.
- Özdemir, M., Devres, O. (1999). Turkish hazelnuts: properties and effect of microbiological and chemical changes on quality. *Food Rev. Int.*, 15(3), 309-333.
- Ozyurt, V., H. Otlas, S. (2018). Hazelnut testa as a by-product: nutritional composition, antioxidant activity, phenolic compound profile and dietary fiber content. *Ankara Üniv. Eczacılık Fak Derg.*, 42(3), 38-57.
- Özyurt, V. H. (2019). Comparison of the Quality Properties of Some Commercial Cold pressed Seed Oils. *J. Turkish Chem Soc.-A*, 6(2), 149-56.
- Pelvan, E., Olgun, E. Ö., Karadağ, A., Alasalvar, C. (2018). Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). *Food Chem.*, 244, 102-108.
- Rabadán, A., Pardo, J. E., Gómez, R., Álvarez-Ortí, M. (2018). Influence of temperature in the extraction of nut oils by means of screw pressing. *LWT-Food Sci Technol*, 93, 354-361.
- Rezig, L., Chouaibi, M., Msaada, K., Hamdi, S. (2012). Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Ind Crops Prod.*, 37(1), 82-87.
- Saitta, M., Curto, S. L., Salvo, F., Di Bella, G., Dugo, G. (2002). Gas chromatographic-tandem mass spectrometric identification of phenolic compounds in Sicilian olive oils. *Anal. Chim. Acta*, 466(2), 335-344.
- Shahidi, F., Alasalvar, C. (2004). Fındık ve Fındık Yan Ürünlerinde Fitokimyasal Maddeler ve Biyoaktif Bileşikler (Araştırma Sonuç Raporu).

- Siger A, Nogala-Kalucka M, Lampart-Szczapa E. The Content and Antioxidant activity of phenolic Compounds in Cold pressed Plant Oils. *J Food Lipids*. 2008;15:137-49.
- Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Veberic, R., Solar, A. (2015). Identification and quantification of phenolic compounds in kernels, oil and bagasse pellets of common walnut (*Juglans regia* L.). *Int. Food Res. J.*, 67, 255-263.
- Taş, N. G., Gökmen, V. (2017). Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: A brief review. *Curr. Opin. Food Sci.*, 14, 103-109.
- T.G.K., Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği, Tebliğ no: 2012/29
- T.G.K., Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı Ve Pirina Yağı Tebliği, Tebliğ no: 2017/26
- Türkoğlu, H., Kanık, Z. (2012). Nizip ve çevresinde satışı sunulan zeytinyağı örneklerinin bazı özellikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 16(3), 1-8.
- Uluata, S. (2016). Effect of extraction method on biochemical properties and oxidative stability of apricot seed oil. *Akademik Gıda*, 14(4), 333-340.
- Velioğlu, S. D., Güner, K. G., Velioğlu, H. M., Çelikyurt, G. (2017). Fındık Zarının Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14, 127-139.
- Yılmaz, C., Gökmen, V. (2013). Compositional characteristics of sour cherry kernel and its oil as influenced by different extraction and roasting conditions. *Ind Crops Prod.*, 49, 130-135.
- Zanqui, A. B., da Silva, C. M., Ressutte, J. B., de Morais, D. R., Santos, J. M., Eberlin, M. N., Cardozo-Filho, L., Silva, E. A., Gomes, S. T. M., Matsushita, M. (2020). Extraction and assessment of oil and bioactive compounds from cashew nut (*Anacardium occidentale*) using pressurized n-propane and ethanol as cosolvent. *J Supercrit. Fluids*, 157, 104686.

FARKLI PASTÖRİZASYON KOŞULLARININ BEYAZ PEYNİRİN REOLOJİK, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Oğuz Aydemir¹, Abdullah Kurt^{2*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çankırı, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Akşehir Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 08.09.2020; Kabul / Accepted: 19.10.2020; Online baskı / Published online: 30.10.2020

Aydemir, O., Kurt, A. (2020). Farklı pastörizasyon koşullarının beyaz peynirin reolojik, tekstürel ve duyuşsal özelliklerine etkisi. GIDA (2020) 45 (6): 1083-1096 doi: 10.15237/gida.GD20101

Aydemir, O., Kurt, A. (2020). The effect of different pasteurization conditions on the rheological, textural and sensory properties of white cheese. GIDA (2020) 45 (6): 1083-1096 doi: 10.15237/gida.GD20101

ÖZ

Bu çalışmada, farklı koşullarda pastörize edilen süttten (A: 65 °C'de 20 dak, B: 75 °C'de 5 dak ve C:85 °C'de 5 dak.) üretilen Beyaz peynirlerin dinamik reolojik, tekstür, renk ve duyuşsal özellikleri 7., 30., 60. ve 90. günlerde araştırılmıştır. C ve B peynirlerinin, A'dan daha yüksek elastik özellikleri, sıcaklığa bağlı kazeinin molekül içi ve moleküller arası etkileşimlerinin gelişmesine ve bu yapıdaki denatüre peynir altı suyu yüzdesinin artmasına bağlanmıştır. Depolama sırasında viskoelastik özelliği ve kompleks viskozite parametresi en fazla A peynirinin değişirken, B peynirinin daha kararlı olduğu belirlenmiştir. Tekstür analizindeki sertlik ve dış yapışkanlık sonuçları da B peynirinin daha dirençli protein yapısına sahip olduğunu göstermiştir. Farklı pastörizasyon sıcaklıklarının, renk parametreleri üzerine bir etkisi bulunmamıştır. B peynirinin Yapı-Tekstür özelliği ilk aylarda daha yüksek puan alırken, son ayda örnekler arası fark görülmemiştir. Sonuç olarak, 75 °C'de pastörize edilen süttten, viskoelastik özelliği gelişmiş bir Beyaz peynir üretilebilmektedir fakat artan sıcaklık bu karakteri azaltmaktadır.

Anahtar kelimeler: Beyaz peynir, pastörizasyon sıcaklığı, reoloji, tekstür

THE EFFECT OF DIFFERENT PASTEURIZATION CONDITIONS ON THE RHEOLOGICAL, TEXTURAL AND SENSORY PROPERTIES OF WHITE CHEESE

ABSTRACT

In this study, dynamic rheological, textural, color and sensory properties of White cheeses produced from pasteurized milk at different conditions (A: 65 °C for 20 min, B: 75 °C for 5 min, and C: 85°C for 5 min) were investigated at 7, 30, 60, and 90 days of storage. The higher elastic behaviors of the cheeses C and B than A were associated with improved inter- and intramolecular interactions of casein related to the temperature and an increase in the ratio of denatured whey protein in this structure. Cheese A changed as the highest extent in viscoelastic property and complex viscosity parameter while cheese B was determined as more stable during storage. The results of hardness and adhesiveness in texture analysis confirmed that cheese B had a more resistant protein structure. The effect of different pasteurization temperatures on the color parameters was not found. The Structure-

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ abdullah.kurt@selcuk.edu.tr

☎ (+90) 332 814 0134 / 2010

☎ (+90) 332 814 0133

Oğuz Aydemir; ORCID no: 0000-0003-0538-2311

Abdullah Kurt; ORCID no: 0000-0003-1452-3278

Texture as a sensory property of cheese B in the first months received higher scores while no differences among the samples in the last month were observed. As a result, White cheese with improved viscoelastic property could be produced from the milk pasteurized at 75 °C but increased temperature reduced this feature.

Keywords: White cheese, pasteurization temperature, rheology, texture

GİRİŞ

Süt, mikrobiyolojik açıdan güvenli hale getirilmesi için 72 °C'de 15-35 s pastörize edilmektedir. 72 °C'nin üzerindeki pastörizasyon işlemi, pıhtı oluşumunu ve sineresizi olumsuz etkilediğinden genellikle peynir üretim uygulamalarında tercih edilmez (Rynne vd., 2004). 70 °C üzerindeki ısı işlem uygulamaları, β -laktoglobulin ve α -laktalbumin gibi önemli serum proteinlerinin denatürasyonuna ve bunların κ -kazein ile kimyasal etkileşimine neden olmakta ve artan sıcaklık ile gelişen bu durum peynir üretiminde rennetin, kazein substratı üzerindeki etkinliğini düşürebilmektedir. Kessler, (1996)'e göre 82-95 °C'de 80-360 s ısı işlem koşulları, sütteki serum proteinlerinin denatürasyon oranını %90'ın üzerine çıkarmaktadır. Ayrıca artan ısı işlem sıcaklığı kalsiyum, magnezyum ve fosfat iyonlarının çözünür halden koloidal forma geçmesine neden olmaktadır (Fox vd., 2015; Singh ve Waungana, 2001). Bununla birlikte serum proteinlerinin etkili bir şekilde geri kazanımını sağlaması ile peynir verimini artırma potansiyeli nedeniyle yüksek pastörizasyon sıcaklığının etkisi de çalışılmaktadır. Peynir serum proteinlerinin dâhil olması, besin değeri artışını, peynir veriminin yükselmesini ve özellikle düşük yağlı peynirlerde duysal yönden gelişimi sağlamaktadır. Aynı zamanda peynir altı suyunun değerlendirilmiş olması ekonomik açıdan önem katmaktadır. Serum proteinlerinin pıhtıya dâhil olmasından fayda sağlamak için peynir üretim koşulları, yüksek kalitede bir peynir üretmek için peynire işlenecek sütün bileşimi ve ürünün gereksinimlerine uygun uyarlamaları gerektirmektedir. Proses açısından, peynirin viskoelastik özelliklerine etkisi en yüksek olan parametre pastörizasyon sıcaklığıdır (Frau vd., 2014). Yüksek pastörizasyon sıcaklığı yaklaşımı, tekstürel açıdan olumsuz bir ürün yerine yüksek miktarda değerli serum proteini içeren ve kremli ya da yumuşak yapıda yenilikçi peynir ürünleri ortaya çıkarma fırsatı sunması açısından da

üzerinde çalışılması gereken bir konudur (Benfeldt vd., 1997). Rynne vd., (2004), sütün pastörizasyon sıcaklığındaki artışın, Cheddar peynirindeki denatüre olmuş serum proteini ve nem miktarlarında artışa ancak yağ miktarlarında ise azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, pastörizasyon sıcaklığının yükselmesine paralel olarak peynir sertliğinde ve kırılma geriliminde olan azalmalar, kuşkusuz az-yagli peynirlerin tekstürel ve reolojik özelliklerinin düzeltilmesinde faydalı olacağı belirtilmiştir.

Peynirlerin üretim sonundaki ve depolama sırasındaki reolojik ve tekstürel değişimleri peynir kalitesi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Olgunlaşma sırasında reolojik ve tekstürel açıdan peynirin yapısında meydana gelen değişiklikler protein bağlarının kırılıp yeniden bağlanması temelinde dinamik bir şekilde gelişmektedir. Bu etki hem taşıma ve depolama stabilitesi açısından hem de tüketici tercihi bakımından üretici firmaların göz önünde bulundurması gereken elzem kriterlerdendir. Bu nedenle objektif reolojik ve tekstürel araştırmalar, tüketicilerin farklı beklentilerinin bilimsel temeller ışığında standardize edilerek ölçülüp değerlendirilmesini sağlaması açısından son derece önemli analizlerdir. Özellikle peynirlerin mikroyapı ile reolojik özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi farklı reolojik özellikte peynir üretim beklentilerine cevap vermeyi tesadüflere bırakmayacaktır (Ak ve Lokumcu-Altay, 2011).

Yurtdışında bazı peynir tipleri için verim, bileşim, tekstürel özellikler ve proteoliz üzerine pastörizasyon sıcaklığının etkisi konusunda çalışmalar yapılmakla birlikte ülkemize özgü peynirlerden en önemlisi olan Beyaz peynirde böyle bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca günümüzde marketlerde gördüğümüz "lokum kıvamında" peynir olarak üretilen yenilikçi Beyaz peynirler bu şekilde üretilmektedir. Bu tip Beyaz

peynirle ilgili bilimsel bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Üretim yöntemine bağlı olarak firmadan firmaya farklı tekstürel özelliklere sahip Beyaz peynirler elde edilmektedir. Bu konuda etkin bir standardımız yoktur. Üretici firmalar kendine uygun yöntemlerle üretimini gerçekleştirmekte ve sonuçta birbirinden çok farklı duyuşal özelliklere sahip Beyaz peynirler piyasada yer almaktadır. Gelişmiş ülkeler, peynirlerine ait bu tür standardizasyonlarını hâlihazırda gerçekleştirmişlerdir. Bu konuda ülkemizde bir boşluk söz konusudur. Bu çalışma çift cidarlı pastörizatörde süte uygulanan farklı sıcaklık ve süre koşullarının, Beyaz peynirin dinamik reolojik, tekstür, renk ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Peynir üretimi

Peynir üretimleri Atatürk Orman Çiftliği Süt İşletmesi'nde (Ankara, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Her bir üretim için 500 L inek sütü kullanılmıştır. Sütün pastörizasyonu çift cidarlı pastörizatörde 3 farklı sıcaklık ve sürede yapılmıştır: 65 °C'de 20 dak, 75 °C'de 5 dak ve 85 °C'de 5 dak. Bu sütlerden üretilen peynirler sırasıyla A, B ve C olarak kodlanmıştır. Pastörizasyonun ardından 35 °C'ye soğutulan süte %1 oranında starter kültür [*Lactococcus lactis subsp. lactis*, *L. lactis subsp. cremoris*, ve *Streptococcus thermophilus* (Benofer BP-1, Benosen, Türkiye)] ilavesi yapılmıştır. 30 dk inkübasyon sonrası sütler %0.02 oranında CaCl₂ (Solvay, İtalya) eklenmiştir. Aktivitesi belirlenmiş buzağı renneti (Naturen Mandra 175, Chr. Hansen, Türkiye) ile 34 °C'de 90 dak'da pıhtı kesim olgunluğuna gelecek şekilde mayalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Pıhtı kırılıp, peynir altı suyu ayrıldıktan sonra cendere bezinde baskıya alınan pıhtı daha sonra porsiyonlanmıştır (8x8x8 cm³). Salamuraya (11.5 °Bome) alınan peynir kalıpları 20 °C'de 3,5 saat salamurada kalmıştır. Daha sonra kapama pH'sına (4.8) ulaşan peynirler ambalaj kutularına doldurulmuş ve salamura eklenerek (9 °Bome) kapatılmıştır. 90 gün boyunca peynirler 5±1'de depolanmıştır. Üretim 2 tekrür ile yapılmıştır.

Dinamik reolojik analiz

Bu çalışmada reolojik analizler HAAKE Marrs III (Thermo Scientific, Almanya) reometre cihazı ile (Kahyaoglu ve Kaya, 2003) yöntemine göre yapılmıştır. Ölçümler konik plakalı (35 mm çap, ve 2° açı) geometri ile yapılmıştır. Peynir örnekleri, çapları 35 mm ve kalınlıkları 1 mm olacak şekilde disk şeklinde kesilmiş, analize kadar su kaybını engellemek için streç film ile sarılarak oda sıcaklığında 1 saat süresince bekletilerek ölçüm öncesi dengelenmesi sağlanmıştır. Sıcaklık kontrollü peltier sistem aracılığıyla viskoelastik analizler 20 °C'de yapılmıştır. Frekans tarama testi lineer viskoelastik aralıkta yapılmıştır. 10 Pa gerilimde 0.1-100 Hz aralığı taranarak elastik (G') ve viskoz (G'') bileşenlerin değerleri belirlenmiştir. Bu bileşenler ve kompleks viskozite (η^*) değişkenlerinin, açısal hızın (ω , rad/s) fonksiyonu olarak üssel model parametreleri aşağıdaki denklere göre belirlenmiştir.

$$G' = K'\omega^n \quad (1)$$

$$G'' = K''\omega^n \quad (2)$$

$$\eta^* = K^*\omega^{n-1} \quad (3)$$

Tekstür analizi

Tekstür profil analizi (TPA), silindir şeklinde (30±5 mm çap ve 20±5 mm yükseklik) kesilen peynirlere, Tekstür Analiz cihazı (TA-XT32, Stable Micro System, Godalming, İngiltere) kullanılarak oda sıcaklığında yapılmıştır. SMS P/36 silindirik prob kullanılarak, test öncesi, sırası ve sonrası hızları 1 mm/s ile %25 deformasyona izin verecek şartlarda analiz yapılmıştır. İki ardışık sıkıştırma ile elde edilen, kuvvet zaman grafiğindeki veriler, cihazın yazılımı aracılığıyla sertlik (hardness; g), dış yapışkanlık (adhesiveness; gs), elastikiyet (springiness; mm), iç yapışkanlık (cohesiveness), sakızimsılık (gumminess; g) ve çiğnenebilirlik (chewiness; gmm) parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Renk analizi

Peynir örneklerinin L^* (açıklık-koyuluk, 100:beyaz, 0:siyah), a^* (+:kırmızı (+100), -:yeşil (-80), 0:grı), b^* (+:sarı (+70), -:mavi (-80), 0:grı) ve bu parametrelerden türetilen beyazlık indeksi

(WI), Kroma (C^*) ve Hue (h°) değerlerinin belirlenmesi için renk ölçer (CR-400, Konica Minolta, Japonya) cihazı kullanılmıştır. İkincil parametrelerin hesaplanmasında aşağıdaki denklikler kullanılmıştır (Sant'Anna vd., 2013).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (4)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

$$h^\circ = 180 + \arctan(b^*/a^*)[(-a^*, +b^*)] \quad (6)$$

Duyusal analiz

Peynirlerinin duyuusal değerlendirmesi (7., 30., 60. ve 90. günlerde), Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim elemanlarından oluşan 10 kişilik kısmi eğitilmiş panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi panelist grup değerlendirme ve kusurlar hakkında bilgilendirilmiştir. Tat-Aroma 10, Yapı-Tekstür 5, Görünüş-Renk ise 5 puan üzerinden değerlendirmek amacıyla puan kartları hazırlanmıştır. Örnekler 3 haneli rastgele rakamlarla kodlanarak yine panelistlere rastgele sırada sunulmuştur. Duyusal analiz sırasında peynirlerin sıcaklığının 10-15 °C'ler arasında olması sağlanıp, örnekler arasında panelistler ağız tadını elma ve/veya üzüm ve su ile dengelemişlerdir.

İstatistiksel analiz

Analizlerin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) SPSS paket programı (SPSS 16.0) ile hesaplanmıştır. Çoklu karşılaştırma Tukey testi ile yapılmıştır ($P < 0.05$).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Dinamik reolojik analiz

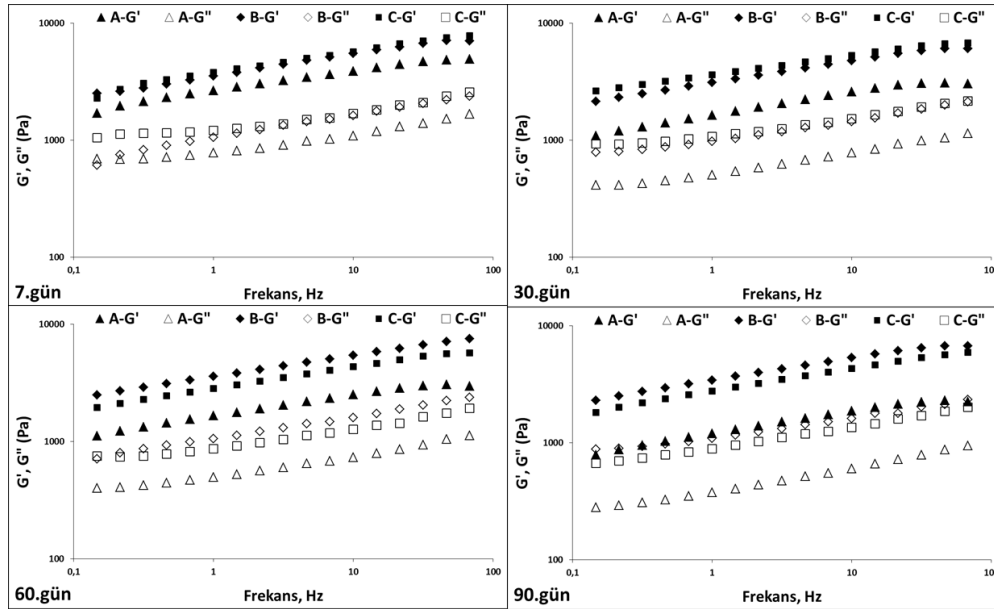
Süte uygulanan farklı sıcaklık normlarının, beyaz peynirinin viskoelastik özelliklerine etkisini ve bu özelliğin depolama süresince değişimini belirlemek için frekans tarama testleri lineer viskoelastik alanda yapılmıştır. Dinamik reolojik analizler, örneği tahrip etmeden, gerilimin harmonik olarak uygulanması yoluyla viskoelastik özelliklerin belirlenmesinde yaygın olarak tercih edilen bir analiz yöntemidir (Park vd., 2007). G' değeri diğer bir ifadeyle depolama modülü,

uygulanan gerilime bağlı olarak, örneğin yapısında depolanan ve daha sonra serbest bırakılan enerjiyi gösterirken, G'' değişkeni ise analiz edilen örneğin viskoz yanıtı olup uygulanan gerilime bağlı kaybolan enerjidir ve kayıp modül olarak da adlandırılmaktadır (Gunasekaran ve Ak, 2000). Peynir örneklerinin, elastik (G') ve viskoz (G'') bileşenlerinin frekansa bağlı değişimleri Şekil 1'de sunulmuştur. G' ve G'' değerlerinin frekansa bağlı değişim göstermesi, peynirlerin viskoelastik karakterde olduğunu ve frekans taraması boyunca, $G' > G''$ olması ise peynirlerde elastik özelliğin hakim olduğunu göstermektedir (Drake vd., 1999). $\tan \delta$ değerinin 1'den küçük olması peynirlerin viskoelastik özelliklerinin bir diğer kanıtıdır. Taze peynirlerde $G' > G''$ olması durumu peynirin, yüksek protein ve kül (özellikle kalsiyum) miktarı ile düşük yağ miktarına sahip olması ile ilişkilendirilmektedir (Joshi vd., 2004). Proteinlerin ısı etkisiyle denatürasyonu ile gelişen kimyasal etkileşim sonucu oluşan ve içerisinde suyu bağlama özelliğine sahip protein bazlı elastik ağ yapı, peynirin elastik karakterinden sorumludur (Rubel vd., 2019). Frekansa bağlı modüllerdeki değişim, materyal olarak değerlendirildiğinde peynirin zayıf jel grubunda olduğunu göstermektedir. Beyaz peynir, proses edilen peynirler ve polimer kaynaklı jeller de genel olarak bu grupta yer almaktadır (Jooyandeh vd., 2017; Kahyaoglu ve Kaya, 2003). G' değerinin frekansa bağlı olarak artış göstermesi, kazein partiküllerinin molekül içi ve moleküller arası etkileşimler ile birleşerek yüzey alanının artması sonucu yeni proteinlerin bu yapıya eklenmesinin teşvik edilmesi ile açıklanmaktadır (Florescia, 2013). Viskoelastik parametrelerin frekansa bağlı değişim göstermesi aynı zamanda yapıdaki kimyasal etkileşimde (hidrofilik, hidrofobik, elektrostatik etkileşimler ve kovalent bağ gibi) kovalent ve disülfid bağlarının diğer etkileşimlerden daha baskın olmadığını da göstermektedir (Spotti vd., 2014). Dolayısıyla, bu çalışmadaki peynirlerin zayıf mikroyapıda olduğu ve yumuşak peynirler sınıfında olduğu söylenilebilir (Van Hekken vd., 2012).

Peynirin viskoelastik özellikleri yapıdaki kazein miktarından ve kazein matriksi içerisinde yer alan kimyasal bağlardan etkilenmektedir (Guo vd.,

2011). Süte uygulanan sıcaklık derecesinin kazenin yapısını etkilediği ve depolama süresince de proteolize bağlı kazeindeki kimyasal etkileşimin farklılaştığı görülmektedir (Şekil 1). G' ve G'' değerleri 7. günün sonunda 5-7 kPa seviyelerinde

iken depolama ile birlikte 0.5-1 kPa düzeyine düşüşü daha önceki peynir çalışmaları ile uyumludur (Kahyaoglu ve Kaya, 2003; Ramírez-López ve Vélez-Ruiz, 2018; Van Hekken vd., 2012).



Şekil 1. Beyaz peynirlerin frekans tarama testlerinin depolama süresince değişimi

Figure 1. Frequency sweep tests variation of White cheeses during storage

C ve B peynirlerinin ilk hafta sonunda elastik (G') özelliklerinin birbirine benzer olduğu, A peynirinin ise elastik özelliğinin daha düşük olduğu bulunmuştur. C ve B peynirlerinin yüksek elastik özelliği, kazeinin molekül içi ve moleküller arası etkileşimlerinin yüksek pastörizasyon sıcaklığı ile değişmesi sonucu kazein partiküllerinin birleşme yoğunluğundaki artış ile açıklanabilir (Fox vd., 2004). Ayrıca, süte uygulanan yüksek pastörizasyon sıcaklığının son ürünün yapısal sıkılık (firmness) özelliğini arttırması; denatüre peynir altı suyu proteinlerinin miktarının sıcaklık ile artarak bunların kazein misellerine bağlanma yüzdesini geliştirmesi sonucu hem peynirdeki protein miktarının artması hem de peynirin elastik özelliğinin gelişmesi yani deformasyona karşı direncinin artması ile açıklanabilir (Guinee vd., 1993). Başlıca kimyasal etkileşimler disülfid ve hidrofobik etkileşimler ile β -laktoglobulin ve κ -kazein arasında olmaktadır. Ancak peynir altı suyu protein çeşitlerinin ısıya duyarlılıklarına göre [immunoglobulinler >bovin

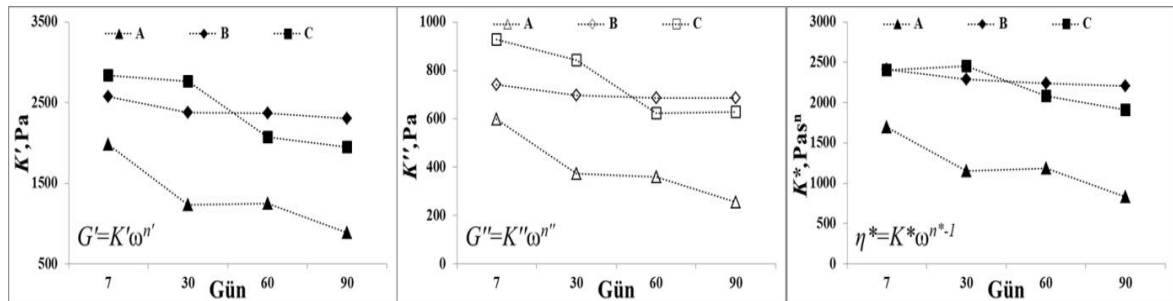
serum albumin > β -laktoglobulin (β -Lg) > α -laktalbumin (α -La)] denatüre olan fraksiyonları, kazein ile etkileşim gösterirken tiyol-disülfid yer değiştirme reaksiyonları, hidrofobik etkileşimler ve iyonik bağlanmalar gerçekleşmektedir (Singh ve Waungana, 2001). Gerilim direncinin ve yapısal sıkılığın yüksek olması düşük yağ miktarı ile de ilişkilendirilmektedir. Çünkü yağ, protein matriksinde kayganlaştırıcı etki göstermektedir ve fazla olduğu sistemin kazein proteinleri arası etkileşimini azaltarak peynirin kırılma geriliminin düşmesine neden olmaktadır (Guinee vd., 2000). Pastörizasyon sıcaklığındaki artış ile birlikte peynirin kuru madde miktarının artması ve buna bağlı olarak da yağ içeriğinde azalma peynir üretiminde gözlenen bir sonuçtur (Frau vd., 2014). Bu nedenle A peynirinin düşük viskoelastik özelliği, C ve B'ye göre yağ içeriğinin yüksek olmasına da bağlanabilir. Cheddar peynirlerinin yüksek yağ içermesi durumunda gerilim direncinin ve yapısal sıkılığının azaldığı

daha önceki bir çalışmada rapor edilmiştir (Guinee vd., 2000).

Viskoz bileşen (G'') peynir matriksi içerisindeki bileşenlerin hareket edebilme veya akma yeteneğini göstermektedir. 7 günlük depolama sonundaki peynirlerin bu bileşeni, peynir çeşitleri için benzer özellik gösterirken, depolama boyunca bu bileşende düşüşün görüldüğü süreçte C ve B benzer viskoz karaktere sahip olurken A peyniri zamanla en düşük viskoz karakterdeki peynir olmuştur. A peynirine kıyasla, viskoz karakterin, peynirin genel viskoelastik yapısındaki rolünün depolama süresince C ve B peynirlerinde daha yüksek olması, uygulanan yüksek sıcaklığın olumlu bir sonucudur.

Dinamik viskoelastik analiz parametreleri, peynir matriksindeki toplam bağ sayısı ve bağların kuvvetini de göstermektedir (Lucey vd., 2003). Depolama süresince viskoelastik özelliklerin değişimini yorumlamak için modüllerin değişimi açısıl hızın fonksiyonu olarak üssel modele uyarlanmıştır ($R^2 > 0.99$) ve K' ve K'' parametrelerinin zamana bağlı değişimleri Şekil 2'de sunulmuştur. Depolamaya bağlı olarak proteoliz nedeniyle toplam bağ sayısı ve kuvvetin peynir matriksinde azalması nedeniyle parametrelerde düşüş görülmüştür. Proteoliz ile peptid bağlarında kırılma ile oluşan yeni iyonların proteinlerin su tutma kapasitesi arttırması sonucu toplam kuru madde miktarında azalma (i) ve hidrolize olan protein fraksiyonlarının salamuraya geçişi ile peynir protein miktarında azalma (ii) viskoelastik özellikteki düşüşün bağlanabileceği

diğer nedenlerdir (Atasoy ve Türkoğlu, 2008). Süte uygulanan farklı pastörizasyon sıcaklık normları, peynirlerin bu değerlerinin düşüş eğilimlerinde değişikliklere neden olmuştur. Yüksek pastörizasyon sıcaklığından kaynaklı doğrusal olmayan kazein molekülleri arası çapraz bağların sayısının fazla olması nedeniyle B ve C peynirlerinin daha sıkı bir peynir yapısında olduğu düşünülmektedir (Soltani vd., 2016). En düşük parametre değerlerine sahip A peynirinin, depolama süresince de bu parametrelerdeki düşme eğilimi de yüksek olmuştur. İlk ayda C peynirine göre K' ve K'' değerleri B için düşük bulunmuştur. Fakat B peynirinde parametreler depolamaya bağlı olarak önemli bir düşüş sergilememiştir ve ikinci ayda önemli düşüşün başladığı C peynirine göre parametre değerleri daha yüksek bulunmuştur. A peynirinde proteolitik aktivite yüksek iken (veri gösterilmemiştir) B ve C peynirlerinin bu aktiviteye direnci yüksek bulunmuş ve depolama boyunca B peyniri daha kararlı bir özellik ortaya koymuştur. C peynirindeki 2. aydan sonra görülen önemli miktardaki düşüş ise B peynirine göre kazein proteinleri arasında gömülmüş halde bulunan denatüre peynir altı suyu proteininin fazla olması nedeniyle kazein proteinleri arası etkileşimin ve sürekliliğin proteolitik aktivite ile daha fazla düşüş göstermesi ile açıklanabilir (Rynne vd., 2004). Denatüre peynir altı suyu proteinlerinin ve çeşitlerinin peynirin toplam proteinindeki oranının başlangıç ve depolama sırasında beyaz peynirin viskoelastik özelliklerini ve depolama stabilitesini etkilediği anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Beyaz peynirlerin elastik (G'), viskoz (G'') ve kompleks viskozite (η^*) bileşenlerinin üssel model parametrelerinin depolama süresince değişimi

Figure 2. The variation in the Power law model parameters of elastic (G'), viscous (G'') and complex viscosity (η^*) of White cheeses during storage

Kompleks viskozite akmaya karşı direncin ölçüsü olup kompleks modülün açılma hızı bölünmesi ile bulunur. Kompleks viskozitenin açılma hızının fonksiyonu olan akış grafiği, kayma gerilimine bağlı viskozite grafiği ile benzerlik gösterdiğinden, peynir gibi materyallerin viskoziteleri hakkında fikir edinebilmek için kompleks viskozite kullanılmaktadır (Giri vd., 2018). Ostwald-de Waele denkliği elde edilen sonuçların modellenmesinde kullanılmıştır ve depolamaya bağlı model parametrelerindeki değişim Şekil 2'de gösterilmiştir. 0.1-0.4 arasında değişen n^* değerleri peynirlerin pseudo-plastik karakterde olduğunu göstermektedir.

Viskozitenin bir ölçüsü olan konsistens katsayısı (K^*), dinamik viskozite parametreleri ile benzer değişim sergilemiştir. B peynirinin viskozitesi depolama süresince özelliğini korurken A peynirinde 2. ay itibarıyla önemli düşüş başlamıştır. Benzer viskozite azalmasının görüldüğü Feta peynirlerinde bu düşüş, proteolizin ileri safhasında gerçekleşen laktik asit bakterileri kaynaklı proteaz ve peptidaz aktiviteleri ile büyük oligopeptid yapılarının daha küçük peptid ve aminoasit moleküllerine dönüşmesi ile açıklanmıştır (Farbod vd., 2013). Proteolizin bu safhası A peynirinde ise ilk ayda görülmüştür. Dolayısıyla süte uygulanan yüksek ısı işlemi viskozite stabilitesini artırırken ileri düzey sıcaklıkların denatüre peynir altı suyu proteinin artışından kaynaklı stabiliteyi azaltıcı etkisi ortaya çıkmaktadır.

Tekstür analizi

Gıdaların tekstür özellikleri, tüketim sırasında dokunma ve çiğneme yoluyla hissedilen kalite parametresi olduğu gibi tüketim öncesi paketleme, taşıma ve depolama koşullarındaki direnci bakımından da önemlidir. Tekstür Profil Analiz (TPA) parametreleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Ölçüm sırasında hedeflenen deformasyon için gerekli en yüksek kuvveti ifade eden sertlik değeri üzerine ve depolama sırasındaki değişim eğilimine pastörizasyon sıcaklığının etkili olduğu görülmüştür. İlk hafta sonunda peynirlerin sertlik değeri 13-16 N arasında değişiklik göstererek C>B>A şeklinde sıralanmıştır. Bu sıralama dinamik reolojik özellikler ile uyumlu olup kazeinin molekül içi ve moleküller arası

etkileşimlerinin yüksek pastörizasyon sıcaklığı ile daha yoğun gerçekleştiğini ve peynir yapısındaki denatüre protein yüzdesinin sıcaklık ile artış göstererek toplam protein miktarını arttırdığı ve deformasyona karşı direncin genel peynir yapısında geliştiğini doğrulamıştır. Protein oranı ile peynirin sertliği arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Koca ve Metin, 2004). Depolama boyunca peynir çeşitleri farklı değişimler göstermiştir. A peynirinde düzenli bir düşüş 3. ayın sonuna kadar devam ederken B peynirinin sertlik değerini koruduğu, ilk ay sertlik değeri düşen C peynirinin ise devam eden süreçte bu değerinin değişmediği ve B peynirine göre daha yumuşak hale geldiği belirlenmiştir. Bu nedenle proteolitik aktivitenin depolama sırasında A peynirinde en yüksek iken B peynirinde en düşük olduğu ve bu peynirin proteolitik aktiviteye daha dirençli sıkı bir jel ağ yapısına sahip olduğu söylenilebilir. Bu sonuç, dinamik reolojik analizler ile uyumlu olarak, B peynirinde A'ya göre daha az yağ bulunmasına ve C'ye göre ise daha az denatüre peynir altı suyu protein varlığına bağlanabilir. Genel olarak depolama sırasında peynirin tekstür profil parametrelerindeki değişimler proteoliz, glikoliz, lipoliz ve pH değişimlerine bağlanmaktadır (Lemes vd., 2016).

Dış yapışkanlık (adhesiveness) peynirin ağızda temas ettiği yüzeyden dil ile uzaklaştırılması için gereken kuvvet olarak ifade edilmektedir (Bryant vd., 1995). Analiz açısından anlamı ise tekstür analizinde kullanılan probun yüzeyden ayrılması için gerekli kuvvettir. Bu değer B peynirinde en yüksek seviyede olup depolama sırasında istatistiksel açıdan önemli bir değişim sergilememiştir ($P > 0.05$). C peynirinde önemli düşüş son ayda gerçekleşirken ($P < 0.05$), A peynirinde ise depolama boyunca düzenli bir düşüş gözlenmiştir. Genel olarak peynirlerde bu değerdeki azalma yağ ve kuru maddedeki düşüş ile ilişkilendirilmektedir (Bryant vd., 1995). Yağ ve kuru madde bileşenindeki artış nedeniyle depolama sırasında dış yapışkanlık değerinin arttığı tespit edilen beyaz peynir ile ilgili çalışma bu teoriyi destekleyen raporlardan biridir (Karaman ve Akalın, 2013). Depolamanın son gününde bu değer en yüksek seviyede görüldüğü B peynirinin, C peynirine göre daha az kimyasal bileşen değişimi sergilediği düşünülmektedir.

Çizelge 1. Beyaz peynirlerin TPA parametrelerinin depolama süresince değişimi
 Table 1. TPA parameters variation of White cheeses during storage

Tekstür Profil Analiz Parametreleri							
Gün Day	Sertlik g Hardness g	Dış Yapışkanlık (-) gs Adhesiveness(-)gs	Elastikiyet mm Springiness mm	İç Yapışkanlık Cohesiveness	Sakızlımsılık g Gumminess g	Çiğnenebilirlik gmm Cheviness gmm	
A	7	1353.3±18.9 ^{cd}	141.8±1.3 ^e	0.87±0.00 ^a	0.75±0.00 ^{ab}	1022.4±15.2 ^b	892.4±4.6 ^b
	30	975.4±49.8 ^e	120.2±0.3 ^f	0.86±0.00 ^{ab}	0.72±0.00 ^{abc}	706.7±35.3 ^e	613.1±34.1 ^f
	60	713.1±9.9 ^f	75.67±2.6 ^g	0.85±0.00 ^{abc}	0.71±0.00 ^{bc}	512.0±2.0 ^f	438.8±4.6 ^g
	90	714.3±5.5 ^f	69.4±1.9 ^g	0.83±0.00 ^{bcd}	0.71±0.00 ^{bc}	511.8±8.5 ^f	428.1±5.3 ^g
B	7	1461.5±12.0 ^{bc}	258.2±4.8 ^a	0.86±0.00 ^a	0.71±0.00 ^{bc}	1050.8±4.5 ^b	913.6±2.7 ^b
	30	1511.1±20.2 ^b	248.3±4.6 ^{ab}	0.84±0.00 ^{abcd}	0.68±0.00 ^{cd}	1028.4±25.5 ^b	866.8±12.8 ^{bc}
	60	1456.7±24.2 ^{bc}	231.2±6.0 ^{bc}	0.84±0.00 ^{abcd}	0.64±0.00 ^d	945.2±3.3 ^{bc}	797.8±5.4 ^{cd}
	90	1546.7±66.4 ^{ab}	218.2±8.7 ^c	0.81±0.01 ^d	0.51±0.02 ^e	800.3±67.17 ^{de}	652.5±41.2 ^{ef}
C	7	1665.0±23.3 ^a	187.0±1.2 ^d	0.87±0.00 ^a	0.77±0.00 ^a	1291.4±56.9 ^a	1123.7±55.0 ^a
	30	1317.9±56.5 ^d	182.0±3.8 ^d	0.87±0.01 ^a	0.74±0.00 ^{ab}	976.0±17.6 ^b	851.5±3.6 ^{bc}
	60	1368.9±13.0 ^{cd}	176.9±7.6 ^d	0.85±0.00 ^{abc}	0.74±0.00 ^{ab}	1023.3±16.5 ^b	871.7±6.8 ^{bc}
	90	1354.3±13.5 ^{cd}	85.6±0.9 ^g	0.83±0.00 ^{bcd}	0.62±0.02 ^d	851.7±22.1 ^{cd}	711.6±20.3 ^{de}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$)

Values are given as means ± standard deviations.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P < 0.05$)

Elastikiyet (springiness) peynir örneğinin ilk sıkıştırma ile deformasyonundan sonra orijinal haline dönme derecesi olarak ifade edilmektedir (Akalin ve Karaman, 2010). 0.82-0.87 aralığında değişen elastik değer daha önceki bir beyaz peynir çalışması sonuçları ile uyumludur (Cankurt, 2019). Depolamanın ilk haftasında birbirine benzer elastik özellik gösteren peynirler depolamanın 2. ayına kadar istatistiksel açıdan değişmemiştir ($P > 0.05$). Depolama süresince de elastikiyet değerinin sabit kalması daha önceki peynir çalışmalarında (Beyaz, kaşar ve feta peynirleri) gözlenen bir sonuçtur ve bu çalışmalarda depolama süresince yağ miktarının değişmemiş olması elastik stabilite ile yağ miktarında artış ise elastikiyette azalma yani elastik özellikteki protein ağ yapısında azalma ile ilişkilendirilmiştir (Ahmed vd., 2016; Eroglu vd., 2016; Jalilzadeh vd., 2018). Ayrıca beyaz peynirlerde yüksek su miktarı da elastikiyetin depolama sırasında sabit kalmasına bağlanmaktadır (Al-Otaibi ve Wilbey, 2006). Sertlik değeri ve reolojik analizlerdeki çıkarım olan A peynirinin yüksek proteoliz hassasiyetine rağmen elastik özelliğinin iki ay boyunca sabit kalması yüksek su miktarına bağlanmıştır. Proteoliz ile elastikiyet arasında doğrusal korelasyon olmadığı beyaz peynirler ilgili bir

çalışma da rapor edilmiştir (Cankurt, 2019). Olgunlaştırma sırasında elastik parametrenin azalması monokalsiyum ve dikalsiyum para κ -kazein molekülünden kalsiyum iyonunun salınması sonucu bu moleküllerin yani protein ağ yapısının hidrolizi kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Akalin ve Karaman, 2010). Bu durum ancak her bir peynir çeşidi için depolamanın 3. ayında görülmüştür ($P < 0.05$) fakat elastikiyet açısından son ayda örnekler arası fark ortaya çıkmamış olması ($P > 0.05$) pastörizasyon sıcaklığının elastik özellik üzerine etkisinin olmadığını göstermektedir.

İç yapışkanlık (cohesiveness), peynirin çiğneme ile parçalanmadan önceki deformasyonunun ölçüsü veya peynirin 3 boyutlu protein-yağ matriksinin oluşumundan sorumlu iç bağların kuvvetini ifade etmektedir (Ahmed vd., 2016; Karaman ve Akalin, 2013). Bu değer kuru madde oranı ile doğru orantılı yağ içeriği ile ters orantılı değişim gösterdiği belirtilmiştir (Karaman ve Akalin, 2013). Ancak kimyasal kompozisyon ile iç yapışkanlık arasında birbiri ile uyuşmayan zıt ilişkilerin gözlemlendiği çalışmalar da bulunmaktadır (Eroglu vd., 2016). İlk hafta sonunda iç yapışkanlık değeri en yüksek örnek C

ve A peynirleri depolamanın ilk aylarında ve bazı birbirini takip eden aylarda istatistiksel bir değişim sergilememişlerdir ($P > 0.05$). B peyniri için depolama süresince düzenli bir azalmanın görüldüğü iç yapışkanlık parametresinin sertlik ile negatif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (Lee ve Marshall, 1981). Bu ilişki 3 aylık depolama sonundaki peynir örneklerinde sertlik parametresinin tersi bir sıralama ile bu çalışmada da gözlenmiştir ($A > C > B$).

Sakızimsılık (gumminess) peynir örneğin yutmaya hazır hale gelmesi sırasında parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır. Sertlik ve iç yapışkanlık verilerinin çarpımı ile elde edildiği için sertlik ve iç yapışkanlığı etkileyen faktörler sakızimsılık değerini de etkilemektedir. İlk hafta sonunda sertlik ile uyumlu olarak en yüksek sakızimsılık C peynirinde görülürken, 3 aylık depolama sonunda en düşük sakızimsılık ise A peynirinde görülmüştür. Depolama sırasında azalma profili de sertlik ile benzer değişim göstermiştir. Dolayısıyla süte uygulanan farklı pastörizasyon sıcaklıklarının protein yapısı ve olgunlaştırma sırasındaki proteolize bağlı değişimi üzerine etkisi bu parametrede de görülmektedir. Artan sıcaklık peynirin yutma kıvamına gelmesi için gerekli enerjiyi arttırmıştır. Sakızimsılık değerinin esneklik ile çarpılması sonucu, peynirin sertlik özelliğine bağlı değişen bir diğer parametre olan çiğnenebilirlik (chewiness) türetilmektedir. Yutmadan önce gerekli çiğneme sayısı veya bu amaç için yapılan iş olarak ifade edilmektedir ve tüketilen gıdanın tadının algılanmasını etkileyen önemli bir parametredir (Türkmen, 2019). Bu nedenle sertliği etkileyen faktörler bu değeri de etkilediğinden sertlik değeri sakızimsılık ve çiğnenebilirlik gibi TPA analizindeki alt parametrelerin tahmin edilmesini sağlamaktadır. C peynirinin ilk hafta sonunda bu değeri en yüksek seviyede olmuştur ancak depolama sırasında B peynirinin bu parametresinde azalma eğilimi ilk iki ay daha az olmuştur ve 3 ay sonunda B ve C peynirleri arasında çiğnenebilirlik için istatistiksel açıdan fark ortaya çıkmamıştır ($P > 0.05$). Dolayısıyla yüksek pastörizasyon sıcaklığına maruz kalan süttten üretilen bu peynirlerin olgunlaştırma sırasında gerçekleşen protein-protein etkileşimini etkileyen

biyokimyasal değişimlere daha dirençli hale geldiği düşünülmektedir.

Renk analizi

Renk analiz sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur. Peynir yüzeyinden geçiş gösteren ışığın yağ-protein ara-yüzeyinden saçılmasıyla belirlenen renk parametreleri, moleküler ve mikro-yapısal düzeyde heterojenliğe bağlı olarak değişmektedir (Akalin ve Karaman, 2010). Süte uygulanan pastörizasyon sıcaklığının L^* değeri üzerine önemli bir etki göstermemesi durumu peynirlerin olgunlaştırılması sırasında da devam etmiştir ($P > 0.05$). Depolama sırasında a^* değeri B için sabit kalırken C peynirinde ise düşmüştür. Artan pastörizasyon sıcaklığı C peynir grubunun yeşil renginde artışa neden olmuştur ancak depolamanın genel olarak peynir çeşitlerinde bu rengin değişiminde bir etkisi olmadığı görülmüştür ($P > 0.05$). b^* değeri açısından ne peynir çeşitlerinde ne de depolama süresince bir değişim gözlenmemiştir ($P > 0.05$). Bu parametrelerin kombinasyonlarıyla türetilen WT , C^* ve h° değerlerinde de değişimler az olup belirgin farklılık ortaya koyan bir peynir çeşidinin belirlenmemesi, peynirlerde tüketici algısını olumsuz etkileyecek bir renk değişiminin depolama süresince korunduğunu göstermektedir. h° açısı 0° ve 360° ’ler için kırmızıyı, 90° , 180° ve 270° ’ler için ise sırasıyla sarı, yeşil ve mavi renge işaret etmektedir (Izli vd., 2014). Bu bakımdan h° açısı $91-97^\circ$ aralığında değişen peynir örneklerin sarı renge yakın olması bir süt ürünü için beklenen ve daha önceki peynir çalışmalarında da gözlenen bir durumdur (Ramírez-López ve Vélez-Ruiz, 2018).

Duyusal analiz

Farklı pastörizasyon sıcaklıkları uygulanmış süttten üretilen peynirlerin depolama süresi boyunca Tat-Aroma, Yapı-Tekstür ve Görünüş-Renk puanları Şekil 3’de birarada sunulmuştur. Her bir peynir çeşidi için Tat- Aroma puanları, depolama süresince azalma göstermesine rağmen istatistiksel değişim gözlenmemiştir ($P > 0.05$). 60. günde Tat-Aroma açısından en çok beğenilen peynir A ve B peynirleri olmuştur. Bu aşamadan sonra depolamanın ilerleyen günlerinde daha düşük puanı olan C peynirinin fark edilen kusuru

ise “pişmiş tat” olmuştur. Olgunlaştırma periyodu boyunca A ve C peynirlerinin Yapı-Tekstür puanlarında düşüş olsa da istatistiksel fark görülmemiştir ($P > 0.05$). 2. aya kadar bu duyuşal özelliğın puanı B peyniri için artarken bu peynir son ayda istatistiksel bir düşüş göstererek A ve C peynirleri ile benzer Yapı-Tekstür özelliğı ortaya koymuştur ($P > 0.05$). Depolama periyodunda Görünüş-Renk özelliğı A ve B peynirlerinde 2. aya kadar yüksek bulunmuştur fakat son ay önemli bir azalma görülerek C peyniri ile benzer Görünüş-

Renk karakterine ulaşmıştır. Genel olarak peynirlerin depolamanın son ayındaki duyuşal analize ait parametrelerinin puanlarında önemli düşüş görülürken A ve B peynirlerinin genel olarak C peynirinden daha yüksek puanlar aldığı tespit edilmiştir. TPA analizinin bir kısım parametrelerinde düşük değerler gösteren A peyniri, duyuşal değerlendirmede panelistlere diğere peynirlerden belirgin bir farklılık hissettirmemiştir.

Çizelge 2. Beyaz peynirlerin color parametrelerinin depolama süresince değışimi
Table 2. Color parameters variation of White cheeses during storage

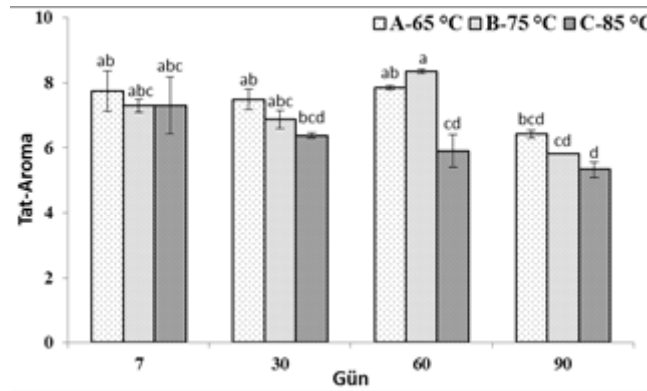
		Renk Parametreleri					
Gün Day		L^*	a^*	b^*	WI	C^*	b°
A	7	94.38±0.06 ^a	-0.63±0.11 ^{bc}	9.09±0.34 ^a	10.70±0.33 ^a	9.11±0.35 ^a	93.95±0.55 ^b
	30	93.84±0.36 ^a	-0.52±0.13 ^{ab}	8.47±1.44 ^{ab}	10.49±1.38 ^a	8.49±1.45 ^{ab}	93.51±0.30 ^b
	60	93.67±0.16 ^a	-0.38±0.14 ^{ab}	8.03±0.41 ^{ab}	10.23±0.22 ^a	8.03±0.41 ^{ab}	92.68±0.86 ^{bc}
	90	93.47±0.12 ^a	-0.22±0.03 ^a	7.38±0.07 ^{ab}	9.85±0.02 ^a	7.38±0.07 ^{ab}	91.74±0.29 ^c
B	7	94.22±0.28 ^a	-0.53±0.12 ^{ab}	7.29±0.33 ^{ab}	9.31±0.45 ^a	7.30±0.34 ^{ab}	94.17±0.74 ^b
	30	94.45±0.62 ^a	-0.52±0.00 ^{ab}	7.12±0.25 ^b	9.04±0.58 ^a	7.13±0.25 ^{ab}	94.22±0.20 ^b
	60	94.45±0.36 ^a	-0.51±0.05 ^{ab}	7.32±0.09 ^{ab}	9.20±0.30 ^a	7.33±0.10 ^{ab}	93.98±0.38 ^b
	90	94.02±0.39 ^a	-0.31±0.00 ^{ab}	6.60±0.19 ^b	8.91±0.10 ^a	6.61±0.19 ^b	92.68±0.07 ^{bc}
C	7	94.79±0.73 ^a	-0.88±0.09 ^{cd}	7.81±0.43 ^{ab}	9.43±0.77 ^a	7.86±0.44 ^{ab}	96.45±0.30 ^a
	30	93.32±0.04 ^a	-0.97±0.01 ^d	7.86±0.30 ^{ab}	10.36±0.20 ^a	7.92±0.30 ^{ab}	97.03±0.37 ^a
	60	93.81±0.38 ^a	-0.89±0.02 ^{cd}	7.87±0.20 ^{ab}	10.05±0.40 ^a	7.92±0.20 ^{ab}	96.48±0.01 ^a
	90	93.29±0.48 ^a	-1.11±0.9 ^d	8.55±0.04 ^{ab}	10.93±0.33 ^a	8.62±0.04 ^a	97.39±0.13 ^a

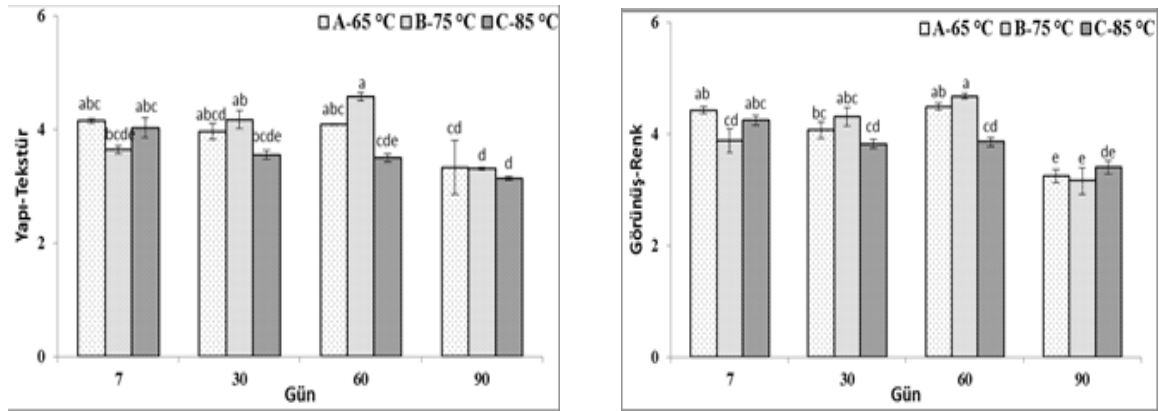
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$)

Values are given as means ± standard deviations.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P < 0.05$)





Şekil 3. Beyaz peynirlerin duyu özelliklerinin depolama süresince değişimi

Figure 3. Sensory properties variation of White cheeses during storage

SONUÇ

Süte uygulanan farklı pastörizasyon sıcaklıkları, Beyaz peynirin dinamik reolojik analiz parametrelerini ve tekstür profil bileşenlerini depolama süresince etkilemiştir. C ve B peynirlerinin elastik özelliği, A'dan daha yüksek olmuştur. Sıcaklık artışı kazein protein etkileşimini arttırmıştır. Depolama sırasında B peynirinin biyokimyasal etkiye bağlı değişim eğilimi C ve özellikle A'ya göre daha az olmuştur. C peynirinin devam eden süreçteki düşüşü ise yapısındaki denatüre peynir altı suyu proteinin yüksek oranına bağlanmıştır. B peynirinin sertlik ve dış yapışkanlık değerleri de daha yüksek bulunmuştur. Renk parametreleri uygulanan sıcaklıklara bağlı değişmemiştir. Duyusal analizler açısından B peynirinin Yapı-Tekstür özelliği 2 ay süresince daha yüksek puan alırken son ayda ise peynirlerin bu özelliği birbirine benzer bulunmuştur. Sonuç olarak bu çalışma, daha iyi bir viskoelastik özellikte Beyaz peynir üretiminin 75 °C sıcaklığında pastörizasyon işlemi ile sağlanabileceğini göstermiştir. Ancak uygun sıcaklık ve sürenin peynirin bileşenlerine göre değişeceği ve düşük yağlı peynirlerin arzu edilen viskoelastik karakterlerinin karşılanmasında bu çalışmadaki yaklaşımın katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, diğer kişilerin ve kurumların arasında bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

OA çalışmayı tasarladı. OA ve AK analizleri gerçekleştirerek makaleyi yazdı. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkıda bulundu, son halini okudu ve onayladı.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 214O720 proje numarası ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. Peynir üretimlerinin yapıldığı Atatürk Orman Çiftliği'ne, reoloji ve tekstür analizlerinin gerçekleştirildiği Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teknik desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Ahmed, S. A., Wehaidy, H. R., Ibrahim, O. A., Abd El Ghani, S., El-Hofi, M. A. (2016). Novel milk-clotting enzyme from *Bacillus stearothermophilus* as a coagulant in UF-white soft cheese. *Biocatal Agric Biotechnol*, 7, 241-249, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.011>.

Ak, M. M., Lokumcu-Altay, F. (2011). *Peynirde Reoloji ve Tekstür. Peynir Biliminin Temelleri*, Hayaloğlu & B. Özer (baş ed.). Sidas Medya Ltd., İzmir, Türkiye s. 367-416.

Akalın, A. S., Karaman, A. D. (2010). Influence of packaging conditions on the textural and sensory characteristics, microstructure and color of industrially produced Turkish white cheese during ripening. *J Texture Stud*, 41(4), 549-562, doi: [10.1111/j.1745-4603.2010.00241.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00241.x).

- Al-Otaibi, M. M., Wilbey, R. A. (2006). Effect of chymosin reduction and salt substitution on the properties of white salted cheese. *Int. Dairy J.*, 16(8), 903-909, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.08.006>.
- Atasoy, A. F., Türkoğlu, H. (2008). Changes of composition and free fatty acid contents of Urfa cheeses (a white-brined Turkish cheese) during ripening: Effects of heat treatments and starter cultures. *Food Chem*, 110(3), 598-604, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.046>.
- Benfeldt, C., Sørensen, J., Ellegård, K. H., Petersen, T. E. (1997). Heat treatment of cheese milk: Effect on plasmin activity and proteolysis during cheese ripening. *Int. Dairy J.*, 7(11), 723-731, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(97\)00083-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(97)00083-6).
- Bryant, A., Ustunol, Z., Steffe, J. (1995). Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. *J. Food Sci.*, 60(6), 1216-1219, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb04559.x>.
- Cankurt, H. (2019). The effects of adding different stabilizers in brine on the physicochemical, sensory, microbiological and textural properties of white cheese. *Foods*, 8(4), doi: 10.3390/foods8040133.
- Drake, M. A., Gerard, P. D., Truong, V. D., Daubert, C. R. (1999). Relationship between instrumental and sensory measurements of cheese texture. *J Texture Stud*, 30(4), 451-476, doi: 10.1111/j.1745-4603.1999.tb00230.x.
- Eroglu, A., Toker, O. S., Dogan, M. (2016). Changes in the texture, physicochemical properties and volatile compound profiles of fresh Kashar cheese (<90 days) during ripening. *Int J Dairy Technol*, 69(2), 243-253, doi: 10.1111/1471-0307.12250.
- Farbod, F., Kalbasi, A., Moini, S., Emam-Djomeh, Z., Razavi, H., Mortazavi, A., Beheshti, H.-R. (2013). The effects of storage time on physiochemical, rheological, micro-structural and sensory properties of feta cheese fortified with fish and olive oils. *J Nutr Food Sci*, 3(5).
- Florencia, F. S. (2013). Rheology of spreadable goat cheese made with autochthonous lactic cultures differing in their ability to produce exopolysaccharides. *J Food Process Technol*, 33(2), 233-238, doi: 10.1590/S0101-20612013005000034.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L., Cogan, T. M., Guinee, T. P. (2004). Cheese: *Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume 1, 3rd Edition, Academic Press, Elsevier, 640 p., ISBN: 9780122636523.
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. 2nd Edition, Springer International Publishing, Switzerland, 584 p., ISBN: 978-3-319-14891-5.
- Frau, F., Font de Valdez, G., Pece, N. (2014). Effect of Pasteurization Temperature, Starter Culture, and Incubation Temperature on the Physicochemical Properties, Yield, Rheology, and Sensory Characteristics of Spreadable Goat Cheese. *Journal of Food Processing*, 2014, 705746, doi: 10.1155/2014/705746.
- Giri, S. K., Tripathi, M. K., Kotwaliwale, N. (2018). Effect of composition and storage time on some physico-chemical and rheological properties of probiotic soy-cheese spread. *J Food Sci Technol*, 55(5), 1667-1674, doi: 10.1007/s13197-018-3078-1.
- Guinee, T. P., Auty, M. A. E., Fenelon, M. A. (2000). The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. *Int. Dairy J.*, 10(4), 277-288, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00048-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00048-0).
- Guinee, T. P., Pudja, P. D., Farkye, N. Y. (1993). Fresh Acid-Curd Cheese Varieties. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, In P. F. Fox (chief ed.), Volume 2, Springer, Boston, USA, pp. 363-419.
- Gunasekaran, S., Ak, M. M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods — selected applications. *Trends Food Sci Technol*, 11(3), 115-127, doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00058-3).

- Guo, L., Van Hekken, D. L., Tomasula, P. M., Shieh, J., Tunick, M. H. (2011). Effect of salt on the chemical, functional, and rheological properties of Queso Fresco during storage. *Int. Dairy J.*, 21(5), 352-357, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.12.009>.
- Izli, N., Yildiz, G., Ünal, H., Işık, E., Uylaşer, V. (2014). Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Int J Food Sci Technol*, 49(1), 9-17, doi: 10.1111/ijfs.12266.
- Jalilzadeh, A., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Javidipour, I. (2018). The effect of ultrasound treatment on microbial and physicochemical properties of Iranian ultrafiltered feta-type cheese. *J. Dairy Sci.*, 101(7), 5809-5820, doi: 10.3168/jds.2017-14352.
- Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., Hojjati, M. (2017). Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low-fat Iranian White cheese. *Food Sci Nutr*, 5(3), 669-677, doi: 10.1002/fsn3.446.
- Joshi, N. S., Jhala, R. P., Muthukumarappan, K., Acharya, M. R., Mistry, V. V. (2004). Textural and Rheological Properties of Processed Cheese. *Int J Food Prop*, 7(3), 519-530, doi: 10.1081/JFP-200032962.
- Kahyaoglu, T., Kaya, S. (2003). Effects of heat treatment and fat reduction on the rheological and functional properties of Gaziantep cheese. *Int. Dairy J.*, 13(11), 867-875, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00113-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00113-4).
- Karaman, A. D., Akalın, A. S. (2013). Improving quality characteristics of reduced and low fat Turkish white cheeses using homogenized cream. *Lebensm Wiss Technol*, 50(2), 503-510, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.017>.
- Kessler, H. G. (1996). *Lebensmittel-und Bioverfahrenstechnik—Molkereitechnologie*, Verlag A. K.(chief ed.), München, 4, Germany, pp. 424-454.
- Koca, N., Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *Int. Dairy J.*, 14(4), 365-373, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.006>.
- Lee, Y., Marshall, R. (1981). Microstructure and Texture of Process Cheese, Milk Curds, and Caseinate Curds Containing Native or Boiled Soy Proteins. *J. Dairy Sci.*, 64(12), 2311-2317, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82852-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82852-4).
- Lemes, A. C., Pavón, Y., Lazzaroni, S., Rozycki, S., Brandelli, A., Kalil, S. J. (2016). A new milk-clotting enzyme produced by *Bacillus* sp. P45 applied in cream cheese development. *Lebensm Wiss Technol*, 66, 217-224, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.038>.
- Lucey, J. A., Johnson, M. E., Horne, D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *J. Dairy Sci.*, 86(9), 2725-2743, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7).
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 68(1), 88-113, doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>.
- Ramírez-López, C., Vélez-Ruiz, J. F. (2018). Effect of Goat and Cow Milk Ratios on the Physicochemical, Rheological, and Sensory Properties of a Fresh Panela Cheese. *J. Food Sci.*, 83(7), 1862-1870, doi: 10.1111/1750-3841.14195.
- Rubel, I. A., Iraporda, C., Gallo, A., Manrique, G. D., Genovese, D. B. (2019). Spreadable ricotta cheese with hydrocolloids: Effect on physicochemical and rheological properties. *Int. Dairy J.*, 94, 7-15, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.03.002>.
- Rynne, N. M., Beresford, T. P., Kelly, A. L., Guinee, T. P. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. *Int. Dairy*

J., 14(11), 989-1001, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.010>.

Sant'Anna, V., Gurak, P. D., Ferreira Marczak, L. D., Tessaro, I. C. (2013). Tracking bioactive compounds with colour changes in foods – A review. *Dyes Pigm*, 98(3), 601-608, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.04.011>.

Singh, H., Waungana, A. (2001). Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *Int. Dairy J.*, 11(4), 543-551, doi:
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00085-1).

Soltani, M., Boran, O. S., Hayaloglu, A. A. (2016). Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese. *Lebensm Wiss Technol*, 68, 724-728, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.028>.

Spotti, M. J., Martinez, M. J., Pilosof, A. M. R., Candiotti, M., Rubiolo, A. C., Carrara, C. R. (2014). Rheological properties of whey protein and dextran conjugates at different reaction times. *Food Hydrocoll*, 38, 76-84, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.11.017>.

Türkmen, D. (2019). Farklı ticari rennetlerle üretilen beyaz peynirlerde olgunlaşma sırasında tekstürel, mikroyapısal ve biyokimyasal değişimler. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Hatay, Türkiye, 168 s.

Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Leggett, L. N., Tomasula, P. M. (2012). Impact of curd milling on the chemical, functional, and rheological properties of starter-free Queso Fresco1,2. *J. Dairy Sci.*, 95(10), 5527-5535, doi:
<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4933>.



EFFECT OF TRANSGLUTAMINASE ON QUALITY ATTRIBUTES OF NOODLE ENRICHED WITH GERMINATED MUNG BEAN FLOUR

Elif Yaver, Nermin Bilgiçli*

Department of Food Engineering, Engineering and Architecture Faculty, Necmettin Erbakan University, Köyceğiz Campus, Konya, Turkey

Received / Geliş: 14.05.2020; Accepted / Kabul: 22.10.2020; Published online / Online baskı: 02.11.2020

Yaver, E., Bilgiçli, N. (2020). Effect of transglutaminase on quality attributes of noodle enriched with germinated mung bean flour. *GIDA* (2020) 45(6) 1097-1108 doi: 10.15237/gida.GD20069.

Yaver, E., Bilgiçli, N. (2020). *Transglutaminazın çimlendirilmiş maş fasulyesi unu ile zenginleştirilmiş eriştenin kalite özellikleri üzerine etkisi. GIDA* (2020) 45(6) 1097-1108 doi: 10.15237/gida.GD20069.

ABSTRACT

Germination is an effective process improving nutritional status of cereal and legume. This study evaluates the effect of germinated mung bean flour (GMF) (0-20%) on physical, chemical properties and cooking quality of egg noodles, as well as the impact of transglutaminase (TGase) on the physical properties and cooking quality of GMF noodles. Compared to raw mung bean flour, GMF showed higher total phenolic content, antioxidant activity, total-extractable ash, Ca, Fe, K, P and Zn content with lower phytic acid. As the GMF ratio increased, cooking loss values also increased. TGase developed cooking quality with decreasing cooking loss and improving firmness. Noodles made with 20% of GMF revealed the highest total ash, HCl-extractable ash, protein, phytic acid, antioxidant activity and total phenolic content. This study shows the potential of GMF (up to 15%) and TGase to produce noodles with high nutritive value and good consumer acceptability.

Keywords: Phytic acid, mung bean, transglutaminase, germination, mineral bioavailability

TRANSGLUTAMINAZIN ÇİMLENDİRİLMİŞ MAŞ FASULYESİ UNU İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ERİŞTENİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Çimlendirme, tahıl ve baklagillerin besinsel değerini geliştiren etkili bir prosestir. Bu çalışmada, çimlendirilmiş maş fasulyesi ununun (ÇMU) (%0-20) yumurtalı eriştenin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile pişme kalitesi üzerine etkisi ile birlikte, transglutaminazın (TG) ÇMU eriştelerinin fiziksel özellikleri ve pişme kalitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ham maş fasulyesi unu ile karşılaştırıldığında, ÇMU düşük fitik asit ile daha yüksek toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, toplam-ekstrakte edilebilir kül, Ca, Fe, K, P ve Zn içeriği göstermiştir. ÇMU oranı arttıkça, pişme kaybı değerleri de artmıştır. TG, pişme kaybını azaltıp sıklığı artırarak pişme kalitesini geliştirmiştir. %20 ÇMU ile yapılan eriştede en yüksek toplam kül, HCl'de ekstrakte edilebilir kül, protein, fitik asit, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Bu çalışma, besin değeri yüksek ve tüketiciler tarafından kabul edilebilir erişte üretiminde ÇMU (%15'e kadar) ve TG'nin kullanım potansiyelini ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Fitik asit, maş fasulyesi, transglutaminaz, çimlendirme, mineral biyoyararlılığı

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: nerminbil2003@hotmail.com,

☎: (+90) 332 323 7926

☎: (+90) 332 236 2141

Elif Yaver; ORCID no: 0000-0002-2651-9922

Nermin Bilgiçli; ORCID no: 0000-0001-5490-9824

INTRODUCTION

Mung bean (*Vigna radiate* L.) is a legume that is also called as green gram. It has been cultivated in worldwide (especially in Asia) for nearly 3500 years (Shi et al., 2016). In India, Thailand, China, Philippines, Bangladesh and Western countries, mung bean is commonly consumed as a food with a high nutritional value (Tang et al., 2014). The seed contains high levels of protein, carbohydrate, dietary fiber, phytochemicals, vitamins and minerals, with a low fat content. Moreover, the potential antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and antitumor properties of mung bean are attribute to its polyphenols (Ganesan and Xu, 2018). On the other hand, mung bean includes antinutrients such as phytic acid, trypsin inhibitors, tannins and hemagglutinin (Lin and Li, 1997), which lead researchers to investigate methods that reduce the effect of such antinutrients in cereals and legumes. One of the most simple, inexpensive and effective methods that are used for this purpose is germination (Swieca and Gawlik-Dziki, 2015). While this method results in a decrease in the levels of starch, reducing sugars, indigestible oligosaccharides and antinutrients (phytic acid, tannins, etc.), it increases the enzyme activity, phytochemical content, antioxidant activity, mineral bioavailability, protein digestibility, free amino acids and vitamin C content of mung bean (Mubarak, 2005; Guo et al., 2012; Tang et al., 2014). Germinated mung bean has been reported to be used in different studies to produce end-products (bread, biscuit, weaning foods, etc.) with improved nutritional and functional properties (Imtiaz et al., 2011; Menon et al., 2015; Wijeratne et al., 2012).

Noodles are one of the wheat-based products that are widely consumed worldwide by all age groups. The main ingredients of noodles are refined wheat flour and water in many countries. Due to the milling process, refined wheat flour is poor in terms of essential nutrients such as dietary fiber, vitamins and minerals. Therefore, many researchers have investigated the effects of different cereals and legumes to improve the nutritional quality of noodles (Khetarpaul and Goyal, 2007; Pakhare et al., 2017). However, it has

been reported that the use of high levels of cereals and legumes may cause losses on some technological and sensory quality of noodles due to the diluted gluten content (Ha and Park, 2011).

Transglutaminase (TGase) is an enzyme catalyzes the acyl-transfer reaction between lysine and glutamine residues of proteins, thereby forming covalent cross-links (Bauer et al., 2003). In general, TGase enzyme is used to improve cooking quality, physical, textural and sensory properties in noodles and pasta products. Many studies showed that legume proteins such as soy (Yeoh et al., 2014), pea (Takacs et al., 2007) and bean (Elobeid et al., 2014) are good substrates for the TGase reaction in noodle making. Bilgiçli and İbanoğlu (2015) found that addition of TGase enzyme remarkably decreased the cooking loss of noodle containing lupin flour or lupin bran. In addition, Sissons et al. (2010) revealed positive impacts on dough strength, firmness and stickiness of fiber-enriched spaghetti with addition of 0.5% of TGase. To the best of our knowledge, three studies (Slathia et al., 2016; Slathia et al., 2018; Liu et al., 2018) used germinated mung bean flour (GMF) in noodle formulation so far. This is one of the first reports to show the effect of TGase on the physical and sensory properties and cooking quality of germinated (96 h) mung bean noodles. In the present study, it is believed that TGase may improve the technological quality of noodles deteriorated due to diluted gluten content by the addition of GMF.

This study aimed to enrich the nutritional value of egg noodles with different ratios of GMF and evaluated the effect of TGase enzyme on the physical properties and cooking quality of noodles.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Commercial wheat flour (0.64% ash and 10.58% protein, Hekimoğlu, Konya, Turkey), mung bean (*Vigna radiate* L.) seeds (Yayla, Mersin, Turkey), chicken egg (Keskinoğlu, Manisa, Turkey) and salt (Salina, Konya, Turkey) were purchased from a local market in Konya, Turkey. Microbial TGase

(activity 100 U/g) was supplied from SternEnzym, Ahrensburg, Germany.

Methods

Germination of Mung Bean Seeds

Mung bean seeds were steeped in ethanol for one minute. Then, the seeds were soaked in distilled water (1:10, w/v) at 25 ± 2 °C for 12 h. The soaked seeds were placed between layers of cotton to allow germination for 96 h at 25 ± 2 °C in a dark place. Afterward, the germinated seeds were frozen for 12 h to stop the germination process. The frozen seeds were thawed at 25 ± 2 °C and dried in an oven (Nüve FN-500, Ankara, Turkey) at 50 °C for 20 h (Mubarak, 2005). The germinated mung bean seeds were ground using a laboratory mill (Sinbo SCM 2934, İstanbul, Turkey).

Noodle Preparation

Control noodle (without GMF) was prepared with 1000 g of refined wheat flour, 200 g of whole egg, 10 g of salt and distilled water. All ingredients were kneaded with water obtaining a homogeneous dough in the mixer (Hobart N50, Ontario, Canada) at the minimum speed (level 1). Following this, the dough was allowed to rest at 25 ± 2 °C for 20 min. At the end of the resting time, the dough pieces were sheeted and cut into long strips via a laboratory noodle machine (Shule, Jiangsu, China). Fresh noodles were cut into 0.6 x 4 cm (width x length) and were dried at 55 °C for 20 h in the drying oven (Bilgiçli, 2009). GMF noodles were prepared by replacing wheat flour with GMF at 5, 10, 15 and 20% ratios. TGase (0.5%) was added into the formulations to improve the physical properties and cooking quality of noodles which was decreased upon addition of GMF. The procedure employed is the same as the procedure applied for the control noodle production.

Chemical Analysis

AACC methods were used to determine the moisture (method 44-19), ash (method 08-01), fat (method 30-25) and protein (method 46-12) content of wheat flour, raw mung bean flour (RMF), GMF and noodle samples (AACC, 1990).

The phytic acid content of samples was measured by a colorimetric method (Haug and Lantzsch, 1983). Phytic acid in the sample was extracted with 0.2 N HCl and precipitated with a solution of ammonium iron (III) sulfate. 0.5 ml of extract and 1 ml of a solution of ammonium iron (III) sulfate was pipetted out into a test tube. The test tubes were kept in the boiling water bath for 30 min following an ice bath for 15 min. Later 2 ml of 2,2'-bipyridine solution was put into the test tube. The absorbance (Abs) was measured at 519 nm by a UV/Visible spectrophotometer (Biochrom Libra S22, Cambridge, UK).

Antioxidant activity was analyzed by a free radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method (Gyamfi et al., 1999; Beta et al., 2005). Sample (4 g) was extracted with 10 ml solvent (methanol:distilled water:HCl, 80:10:1, v:v:v) for 2 h. After this, the extracts were centrifuged at 3000 rpm for 10 min. The extract (0.1 ml) was reacted with 0.9 ml of 0.05 M Tris-HCl buffer at pH 7.4 and 2 ml of DPPH solution. Blank was prepared using 0.9 ml of Tris-HCl buffer and 2 ml of DPPH solution. The mixture was incubated at room temperature for 30 min and the Abs read at 517 nm against the blank. Percentage of inhibition was calculated as:

$$\text{Inhibition \%} = [(Abs_{\text{blank}} - Abs_{\text{sample}}) / Abs_{\text{blank}}] \times 100$$

Total phenolic content of samples was determined spectrophotometrically using Folin-Ciocalteu's reagent (Beta et al., 2005; Gao et al., 2002). The results were expressed as milligrams of gallic acid equivalents per gram (mg GAE/g) on dry weight basis using the calibration curve of gallic acid. The Abs was measured at 760 nm by the spectrophotometer.

Mineral content of the raw materials and noodles were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP-AES) (Varian, Vista Model, Zug, Switzerland) (Skujins, 1998). HCl-extractable mineral and HCl-extractable ash content in the samples were determined according to the method applied by Kumari et al. (2015). Briefly, for analysis, 1 g of

sample was extracted with 50 ml of 0.03 N HCl in a shaker (Daihan WSB-30, Gangwon, South Korea) at 37 °C for 3 h. The mixture was filtered through an ashless filter paper. The filter paper and solid residue were analyzed according to AACC Method 08-01 for HCl-extractable ash content of samples (AACC, 1990). The clear filtrate was dried in the drying oven at 100 °C and digested in diacid mixture. HCl-extractable minerals were determined as described above.

Color

The color parameters (L^* , a^* and b^*) of the raw materials and noodle samples were measured using a colorimeter (Konica Minolta CR 400, Osaka, Japan). The instrument was calibrated with a white reference tile prior to the measurements. The color measurements were replicated three times for each sample.

Cooking Quality

The weight increase and volume increase parameters of noodle samples were determined according to the method employed by Özkaya et al. (2001). The weight increase was obtained by measuring the differences between weight values of dry and cooked noodles. The volume increase values of the dry and cooked samples were measured by the volume difference of water overflow when the samples were put into the water full graduated cylinders. The cooking loss was determined by the Approved Method 66-50 (AACC, 2010).

Firmness

The firmness of cooked noodles was measured using a texture analyzer (Stable Micro Systems TA-XT.Plus, Surrey, UK) with an A/LKB-F probe according to AACC Method 16-50.01 (AACC, 2010). The maximum compression force of the noodle was defined as firmness.

Sensory Analysis

The sensory evaluation of cooked noodles was carried out by 25 healthy and nonsmoker panelists aged from 20 to 45 years. Before sensory evaluation, noodle samples (1000 g) were cooked in 3000 ml distilled water for 18 min. At the end of this period, noodles were drained and served to

the panelists. Taste, odor, appearance, mouthfeel and overall acceptability parameters of samples were evaluated using a 9-point hedonic scale (1: dislike extremely, 5: neither like nor dislike, 9: like extremely).

Statistical Analysis

All analyses were the average of triplicate measurements on the duplicate samples, and the results were expressed as mean \pm standard deviation. Statistical analysis was conducted using JMP (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) software.

RESULTS AND DISCUSSION

The chemical properties and color values of wheat flour, RMF and GMF are presented in Table 1. The moisture content of wheat flour was higher than those of RMF and GMF. Total ash content of raw materials ranged between 0.64 and 4.49%. A significant ($P < 0.05$) increase in the ash content of mung bean flour was obtained with the germination process. Similar results were acquired in HCl-extractable ash content of mung bean flours. It can be seen from Table 1 that the GMF showed an inferior fat content than those of wheat flour and RMF. The usage of fat during germination resulted the reduction in fat content of germinated mung bean. In addition, stored fat was used in catabolic reactions of the mung bean seeds during germination (Onimawo and Asugo, 2004). The germination significantly ($P < 0.05$) increased protein content, and the highest protein result was obtained in GMF (27.56%) among raw materials. The higher protein and ash contents of GMF might have arisen from the germination process, since carbohydrate and fat are used as an energy source to trigger germination. The ash, fat and protein contents were similar to those found by Masood et al. (2014) in GMF. Moreover, the germination process provided a significant ($P < 0.05$) decrease (88%) in the phytic acid content of mung bean flour. The reduction in phytic acid could be explained by an enhancement in the phytase enzyme activity during germination. Mubarak (2005) found that 72 h of germination resulted in a significant decrease (30.5%) in the phytic acid content of mung bean. Antioxidant activity and total phenolic content values of raw materials have varied in the range of 11.52 to

Improvement of germinated mung bean noodle quality

83.14% and 1.02 to 1.76 mg GAE/g, respectively. GMF revealed the highest antioxidant activity and total phenolic content. Similarly, Guo et al. (2012)

reported that the germination process remarkably increased total phenolics, total flavonoids and total antioxidant activity of mung bean seeds.

Table 1. Chemical properties and color values of raw materials¹

	Wheat flour	RMF ²	GMF ³
Moisture (%)	11.82±0.10 ^a	10.24±0.06 ^b	10.19±0.05 ^b
Total ash (%)	0.64±0.03 ^c	3.75±0.03 ^b	4.49±0.06 ^a
HCl-extractable ash (%)	0.41±0.04 ^c	2.94±0.06 ^b	3.95±0.07 ^a
Fat (%)	1.14±0.03 ^a	0.95±0.06 ^b	0.75±0.04 ^c
Protein (%)	10.58±0.04 ^c	25.94±0.06 ^b	27.56±0.08 ^a
Phytic acid (mg/100 g)	174±1.41 ^c	1644±8.30 ^a	198±0.71 ^b
Antioxidant activity (% inhibition)	11.52±0.14 ^c	63.00±0.25 ^b	83.14±0.19 ^a
Total phenolic content (mg GAE/g)	1.53±0.01 ^b	1.02±0.03 ^c	1.76±0.06 ^a
Total mineral (mg/100 g)			
<i>Ca</i>	25.93±0.25 ^c	69.18±0.21 ^b	85.35±0.35 ^a
<i>Fe</i>	1.61±0.03 ^c	3.72±0.01 ^b	3.93±0.04 ^a
<i>K</i>	242±5.71 ^c	1341±10.47 ^b	1494±11.91 ^a
<i>Mg</i>	36.16±0.45 ^b	170.30±3.82 ^a	183.93±4.14 ^a
<i>Mn</i>	0.62±0.03 ^b	0.85±0.01 ^a	0.97±0.04 ^a
<i>P</i>	130±3.05 ^c	571±4.81 ^b	644±6.08 ^a
<i>Zn</i>	1.23±0.04 ^c	2.70±0.01 ^b	3.20±0.03 ^a
HCl-extractable mineral (mg/100 g)			
<i>Ca</i>	13.07±0.20 ^c	44.87±0.44 ^b	67.73±0.27 ^a
<i>Fe</i>	0.98±0.04 ^b	1.12±0.03 ^b	1.97±0.06 ^a
<i>K</i>	148±7.99 ^c	996±12.54 ^b	1197±15.91 ^a
<i>Mg</i>	28.51±0.62 ^c	109.78±5.13 ^b	151.21±4.21 ^a
<i>Mn</i>	0.41±0.04 ^c	0.57±0.03 ^b	0.85±0.01 ^a
<i>P</i>	71±1.70 ^c	259±4.10 ^b	434±6.36 ^a
<i>Zn</i>	0.85±0.01 ^c	1.49±0.03 ^b	2.50±0.03 ^a
Color			
<i>L</i> [*]	95.31±0.10 ^a	82.66±0.14 ^b	64.28±0.17 ^c
<i>a</i> [*]	-0.45±0.04 ^b	-2.44±0.03 ^c	2.20±0.07 ^a
<i>b</i> [*]	9.97±0.10 ^c	13.59±0.13 ^b	19.48±0.09 ^a

¹ Means followed by the same letter within a row are not significantly ($P < 0.05$) different. Chemical properties except moisture are based on dry matter.

² RMF: Raw mung bean flour.

³ GMF: Germinated mung bean flour.

Total and HCl-extractable mineral contents of raw materials are presented in Table 1. The highest total Ca, Fe, K, P and Zn results were observed in GMF, followed by RMF and wheat flour, respectively. Similar results were reported by El-Adawy et al. (2003) for Ca, Fe, K, Mg, Mn and P contents of GMF. Compared to RMF, GMF has about 51, 76, 20, 38, 49, 68 and 68% higher HCl-extractable Ca, Fe, K, Mg, Mn, P and

Zn content, respectively. Wang et al. (2015) also observed an increase in endogenous phytase activity by 14.5-fold in mung beans compared to raw beans with germination. They also found that Fe and Zn bioavailability values of germinated beans were 2.4- and 3.0-fold higher than RMF. The degradation of phytic acid by the phytase enzyme may have increased mineral bioavailability (Porres et al. 2001).

Color L^* , a^* and b^* values of raw materials changed between 64.28 and 95.31, -2.44 and 2.20, and 9.97 and 19.48, respectively (Table 1). Compared to the values obtained from wheat flour and mung bean flours, GMF showed the lowest L^* value and the highest a^* and b^* values. These results are in great agreement with a recent study conducted by Liu et al. (2018) who reported a significant ($P < 0.05$) decrease in L^* values along with an increase in a^* and b^* values of mung bean flour as a result of germination. Chandrasiri et al. (2016) reported that the color b^* related to native pigment such as uranidin, brown pigment and flavonoids, which increases during germination of mung bean.

The cooking properties and firmness values of noodles are demonstrated in Table 2. Weight increase values changed between 112 and 142%. The control noodle sample (without GMF) revealed a maximum level in weight increase. Compared to the control, noodles containing GMF exhibited lower weight increase values. Similar results were also obtained with regard to a volume increase in noodles. Noodle formulated with 15-20% of GMF caused the lowest level of volume increase. Cooking loss values of noodles have varied in the range of 4.92 to 9.54%. The noodles enriched with GMF resulted in significantly ($P < 0.05$) higher cooking loss values than that of the control noodle. A replacement of legume protein with gluten, and hence deterioration of protein network might have caused such an increase in cooking loss (Torres et al., 2007). In addition, germination process itself enhances soluble protein and simple carbohydrates of mung bean, which in turn dissolve into water while cooking and hence lead to an increase in the cooking loss (Liu et al., 2018). Our results agree with those reported by Bilgiçli and İbanoglu (2015). Addition of TGase enzyme decreased the values of weight increase, volume increase and cooking loss, which can be explained by the formation of cross-linking reaction catalyzed by TGase in the protein network. Cross-linked proteins can form a strong network and physical barrier to inhibit the water penetration into the noodle matrix and accordingly decrease the cooking loss level (Kim et al. 2014). Bilgiçli

and İbanoglu (2015) reported that addition of TGase (0.5%) in lupin flour noodle reduced cooking loss and water uptake values compared to control. Firmness values of noodle samples increased from 300 g (control sample) to 316 g for noodle containing 20% GMF, which might be caused by a higher protein content in the germinated bean flour than refined wheat flour (Del Nobile et al., 2005). The noodles supplemented with TGase enzyme displayed higher firmness values than that of noodles without TGase. Similar results were observed by Aalami and Leelavathi (2008) who reported that TGase increases firmness by cross-linking proteins of pasta. The interaction between GMF addition ratio and TGase supplementation is shown in Figure 1. Usage of TGase in GMF noodle production resulted in lower weight increase, volume increase and cooking loss values. However, firmness results of noodles supplemented with TGase are found greater than noodles prepared without TGase. In addition, it was observed that the volume increase, cooking loss and firmness results of both of noodles containing 20% GMF with and without TGase were close to each other.

As seen by the Table 2, there was a decrease in L^* values, and an increase in a^* values of noodle with an increasing ratio of GMF. The levels of free amino acids increase with germination due to proteolytic cleavage of proteins (Chau and Cheung, 1997). Free amino acids in GMF could cause to Maillard reactions that increase the redness in drying stage of noodle (Rosa-Sibakov et al., 2016). Noodle samples including 15 and 20% of GMF resulted in the highest b^* values. There was no significant ($P < 0.05$) difference in L^* and b^* values between noodles supplemented with 0 and 0.5% TGase, on the other hand TGase reduced a^* values of samples. Rosa-Sibakov et al. (2016) observed a decrease in L^* , a^* and b^* values of faba bean flour pasta supplemented with TGase in comparison with additive-free faba bean pasta. However, the presence of TGase in fermented faba bean flour pasta did not result in a significant ($P < 0.05$) difference in L^* , a^* and b^* values compared to control fermented faba bean pasta.

Improvement of germinated mung bean noodle quality

Table 2. Cooking properties, firmness and color values of germinated mung bean noodle samples¹

Variance sources	n	Weight increase (%)	Volume increase (%)	Cooking loss (%)	Firmness (g)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
<i>GMF</i> ² ratio (%)								
0	4	142±1.76 ^a	190±2.83 ^a	4.92±0.11 ^d	300±3.96 ^b	75.47±0.24 ^a	1.74±0.03 ^c	22.38±0.08 ^c
5	4	121±2.64 ^b	154±1.06 ^b	7.03±0.16 ^c	259±2.50 ^d	65.45±0.21 ^b	2.13±0.01 ^d	22.59±0.10 ^{bc}
10	4	115±2.01 ^{bc}	144±1.41 ^{bc}	7.37±0.17 ^c	277±1.62 ^c	61.63±0.20 ^c	2.88±0.04 ^c	22.98±0.08 ^b
15	4	112±1.78 ^c	135±2.12 ^c	8.63±0.23 ^b	312±1.00 ^a	56.09±0.16 ^d	3.35±0.08 ^b	23.45±0.13 ^a
20	4	113±1.81 ^c	135±0.71 ^c	9.54±0.16 ^a	316±2.51 ^a	52.95±0.27 ^c	3.67±0.06 ^a	23.73±0.17 ^a
<i>TGase</i> ³ dosage (%)								
0	10	125±2.00 ^a	159±1.63 ^a	7.87±0.16 ^a	287±2.32 ^b	62.78±0.22 ^a	2.85±0.05 ^a	22.95±0.11 ^a
0.5	10	116±1.63 ^b	144±1.84 ^b	7.12±0.15 ^b	300±3.08 ^a	61.86±0.20 ^a	2.66±0.04 ^b	23.10±0.14 ^a

¹ Means followed by the same letter within a column are not significantly ($P < 0.05$) different. Duncan's multiple comparison test according to two ways analysis of variance. Values are the average of triplicate measurements on the duplicate samples.

² GMF: Germinated mung bean flour.

³ TGase: Transglutaminase.

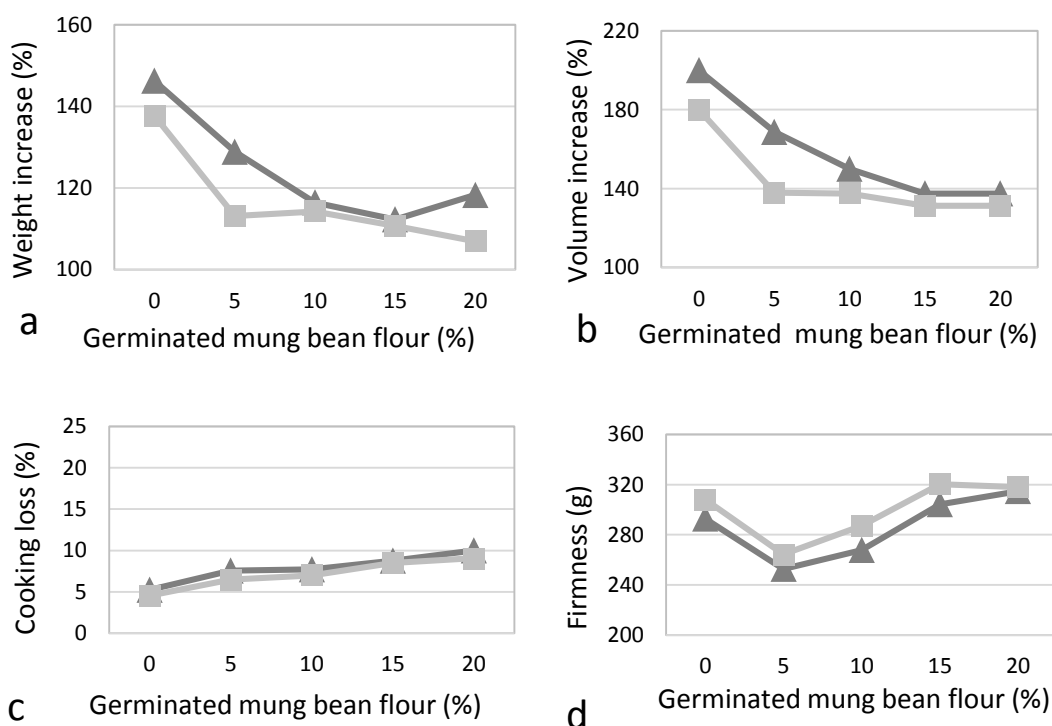


Figure 1. Weight increase (a), volume increase (b), cooking loss (c) and firmness (d) of noodle samples prepared with different ratios of germinated mung bean flour and TGase (▲: 0% TGase; ■: 0.5%TGase).

The chemical properties of noodles are given in Table 3. The moisture values of samples have varied in the range of 6.59 to 7.83%. Usage of 20% of GMF in noodle resulted in the highest total and HCl-extractable ash content. The fat

content of noodles showed a decreasing trend with increasing levels of GMF, but the decrease was not significant ($P > 0.05$). The replacement of 20% GMF increased the amount of protein content of noodles from 11.37 to 15.56%. Such

increase could be due to the fact that the GMF contains more protein content than that of wheat flour (Table 1). Our results are in accordance with the findings of Imtiaz et al. (2011).

The phytic acid content of noodle samples changed between 127 and 178 mg/100 g (Table 3). The lowest and the highest phytic acid content was obtained in the control noodle (0% of GMF) and noodle containing 20% of GMF, respectively.

The reason behind these results might be because of greater phytic acid content in legumes compared to refined wheat flour. Similar results were also acquired by Torres et al. (2007) where they showed a considerable increase in phytic acid content of pasta made with 90% of semolina and 10% of germinated pigeon pea flour in comparison to the pasta produced with 100% semolina.

Table 3. Chemical properties of germinated mung bean noodle samples¹

GMF ² ratio (%)	Moisture (%)	Total ash (%)	HCl-extractable ash (%)	Fat (%)	Protein (%)	Phytic acid (mg/100 g)	Antioxidant activity (% inhibition)	Total phenolic content (mg GAE/g)
0	6.59±0.07 ^b	1.76±0.01 ^c	1.43±0.03 ^c	1.73±0.36 ^a	11.37±0.08 ^c	127±2.19 ^c	13.53±0.24 ^c	0.87±0.01 ^c
5	6.93±0.05 ^{ab}	1.88±0.04 ^d	1.54±0.04 ^d	1.60±0.37 ^a	12.18±0.06 ^d	135±2.60 ^d	19.30±0.26 ^d	0.91±0.03 ^{bc}
10	7.31±0.11 ^{ab}	2.09±0.04 ^c	1.75±0.02 ^c	1.46±0.10 ^a	13.95±0.03 ^c	148±1.23 ^c	35.56±0.33 ^c	0.93±0.03 ^b
15	7.62±0.10 ^a	2.25±0.03 ^b	1.95±0.03 ^b	1.36±0.33 ^a	14.81±0.01 ^b	160±4.39 ^b	41.10±0.18 ^b	0.96±0.01 ^b
20	7.83±0.08 ^a	2.42±0.01 ^a	2.10±0.04 ^a	1.24±0.20 ^a	15.56±0.07 ^a	178±3.77 ^a	56.11±0.23 ^a	1.18±0.04 ^a

¹ Means followed by the same letter within a column are not significantly ($P < 0.05$) different. Values are the average of triplicate measurements on the duplicate samples. Chemical properties except moisture are based on dry matter.

² GMF: Germinated mung bean flour.

The greatest antioxidant activity value (56.11%) was observed in noodle containing 20% of GMF (Table 3). This might be due to the presence of germinated flour. The germination process significantly ($P < 0.05$) increased the antioxidant activity in mung bean sprouts than raw beans (Table 1). Total phenolic content of noodles ranged between 0.87 and 1.18 mg GAE/g. Utilization of 20% GMF in noodle formulation increased total phenolic content by about 36% compared to the control. Similar results were reported by Turco et al. (2016) for pasta enriched with faba bean flour.

Mineral content of noodle samples is shown in Table 4. Noodle enriched with 20% of GMF showed a significant ($P < 0.05$) increase in Ca, Fe, K, Mg, Mn, P and Zn content by about 49, 42, 97, 69, 14, 65 and 31%, respectively, when compared to the control noodle. Our results are in great agreement with the findings reported by Torres et al. (2007) who observed an increase in Ca, K and Mg content of 10% germinated pigeon pea flour pasta compared to control semolina pasta.

Table 4. Mineral content (mg/100 g) of germinated mung bean noodle samples¹

GMF ² ratio (%)	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn
0	33.58±0.41 ^c	1.94±0.01 ^c	310±7.11 ^c	46.02±0.35 ^c	0.59±0.03 ^b	158±4.29 ^c	1.26±0.01 ^d
5	37.63±0.25 ^d	2.18±0.03 ^d	379±8.84 ^d	52.61±0.18 ^d	0.62±0.03 ^{ab}	189±4.17 ^d	1.35±0.03 ^c
10	42.16±0.11 ^c	2.30±0.03 ^c	450±10.61 ^c	61.29±0.31 ^c	0.64±0.04 ^{ab}	210±2.23 ^c	1.41±0.03 ^c
15	46.54±0.16 ^b	2.46±0.01 ^b	531±7.91 ^b	68.42±0.37 ^b	0.65±0.01 ^a	230±3.05 ^b	1.50±0.04 ^b
20	50.10±0.23 ^a	2.75±0.04 ^a	612±10.13 ^a	77.71±0.23 ^a	0.67±0.06 ^a	261±5.81 ^a	1.65±0.03 ^a

¹ Means followed by the same letter within a column are not significantly ($P < 0.05$) different. Values are the average of triplicate measurements on the duplicate samples, and are based on dry matter.

² GMF: Germinated mung bean flour.

The noodles containing TGase were subjected to sensory analysis because of their physical and technological superiority, and the results are presented in Table 5. Compared to the control sample, the addition of 10% of GMF improved the taste parameter of noodles. Noodles replaced

with 5 and 10% of GMF instead of wheat flour displayed the greatest results regarding odor, appearance and overall acceptability properties, as also reported by Slathia et al. (2016), where noodles made with germinated (24 h) mung bean flour were more desirable to the panelists.

Table 5. Sensory properties of germinated mung bean noodles supplemented with TGase¹

GMF ² ratio (%)	Taste	Odor	Appearance	Mouthfeel	Overall acceptability
0	7.25±0.18 ^b	7.50±0.21 ^b	7.00±0.17 ^b	6.75±0.14 ^c	7.55±0.11 ^b
5	7.75±0.14 ^b	8.25±0.16 ^a	8.60±0.10 ^a	8.55±0.13 ^a	8.65±0.13 ^a
10	8.50±0.25 ^a	8.50±0.11 ^a	8.35±0.13 ^a	7.75±0.17 ^b	8.50±0.16 ^a
15	7.35±0.16 ^b	7.35±0.25 ^b	7.30±0.14 ^b	7.45±0.10 ^b	7.25±0.17 ^b
20	6.55±0.18 ^c	7.10±0.23 ^b	5.60±0.17 ^c	4.75±0.13 ^d	6.00±0.13 ^c

¹TGase: Transglutaminase.

²GMF: Germinated mung bean flour

CONCLUSIONS

This study aimed at investigating the effects of the addition of GMF with TGase on the egg noodle qualities. The germination of mung beans appears to be an effective process for enrichment of nutritional quality. Weight and volume increase values of noodles reduced by the addition of GMF and TGase compared to the control. Nonetheless, TGase supplementation significantly ($P < 0.05$) reduced a^* values than noodles without TGase. TGase improved the cooking loss and firmness values. Noodles containing 20% of GMF revealed the highest total ash, HCl-extractable ash, protein, phytic acid, antioxidant activity and total phenolic content. Usage of GMF in noodles remarkably increased Ca, Fe, K, Mg, P and Zn contents when compared to the control. Noodles containing 15% GMF with TGase demonstrated similar sensory properties to that of the control. GMF as high-nutritive value ingredient may use up to 15% in combination with TGase in noodle formulation to produce good acceptability and functional products.

CONFLICT OF INTEREST

There are no possible conflicts of interest between the authors.

AUTHOR CONTRIBUTION

NB designed the research project and supervised the article. EY performed experiments of the research and wrote the article. The authors read and approved the final version of the article.

REFERENCES

- AACC (1990). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, (8th ed.). St. Paul, MN, USA: AACC.
- AACC (2010). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, (11th ed.). St. Paul, MN, USA: AACC.
- Aalami, M., Leelavathi, K. (2008). Effect of microbial transglutaminase on spaghetti quality. *J Food Sci*, 73(5): 306-312, doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00741.x.
- Bauer, N., Koehler, P., Wieser, H., Schieberle, P. (2003). Studies on effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat I. Biochemical analysis. *Cereal Chem*, 80(6), 781-786, doi:10.1094/CCHEM.2003.80.6.781.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., Sapiststein, H.D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chem*, 82(4), 390-393, doi:10.1094/CC-82-0390.
- Bilgiçli, N. (2009). Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of erişte,

- Turkish noodle. *Int J Food Sci Nutr*, 60(S4), 70-80, doi:10.1080/09637480802446639.
- Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş. (2015). Effect of milled lupin products and transglutaminase on some properties of noodle. *Qual Assur Safe Crop Foods*, 7(2), 89-95, doi:10.3920/QAS2013.0254.
- Chandrasiri, S.D., Liyanage, R., Vidanarachchi, J.K., Weththasinghe, P., Jayawardana, B.C. (2016). Does processing have a considerable effect on the nutritional and functional properties of mung bean (*Vigna radiata*). *Procedia Food Sci*, 6, 352-355, doi:10.1016/j.profoo.2016.02.071.
- Chau, C.F., Cheung, P.K. (1997). Effect of various processing methods on antinutrients and *in vitro* digestibility of protein and starch of two Chinese indigenous legume seeds. *J Agric Food Chem*, 45(12), 4773-4776, doi:10.1021/jf970504p.
- Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A., Mocchi, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *J Cereal Sci*, 41, 347-356, doi:10.1016/j.jcs.2004.12.003.
- El-Adawy, T., Rahma, E., El-Bedawey, A., El-Beltagy, A. (2003). Nutritional potential and functional properties of germinated mung bean, pea and lentil seeds. *Plant Foods Hum Nutr*, 58, 1-13, doi:10.1023/B:QUAL.0000040339.48521.75.
- Elobeid, T., Berghofer, E., Kerkadi, A. (2014). Production and determination of bioavailable iron in sorghum and white bean noodles. *Curr Res Nutr Food Sci*, 2, 20-25, doi:10.12944/CRNFSJ.2.1.03.
- Ganesan, K., Xu, B. (2018). A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). *Food Sci Hum Wellness*, 7, 11-33, doi:10.1016/j.fshw.2017.11.002.
- Gao, L., Wang, S., Oomah, B.D., Mazza, G. (2002). Wheat quality: Antioxidant activity of wheat millstreams. In P. Ng, & C. W. Wrigley (Eds.). *Wheat quality elucidation* (pp. 219–233). St. Paul MN: AACC International.
- Guo, X., Li, T., Tang, K., Liu, R.H. (2012). Effect of germination on phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). *J Agric Food Chem*, 60, 11050-11055, doi:10.1021/jf304443u.
- Gyamfi, M.A., Yonamine, M., Aniya, Y. (1999). Free radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: *Thonningia sanguinea* on experimentally-induced liver injuries. *Gen Pharmacol: The Vascular System*, 32(6), 661-667, doi:10.1016/S0306-3623(98)00238-9.
- Ha, D.-M., Park, Y.-K. (2011). Quality characteristics of noodles added with domestic germinated barley. *Korean J Food Preserv*, 18(2), 131-142, doi:10.11002/kjfp.2011.18.2.131.
- Haug, W., Lantzsch, H. J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J Sci Food Agric*, 34, 1423-1426, doi:10.1002/jsfa.2740341217.
- Imtiaz, H., Burhanuddin, M., Gulzar, M.A. (2011). Evaluation of weaning foods formulated from germinated wheat and mungbean from Bangladesh. *Afr J Food Sci*, 5(17), 897-903, doi:10.5897/AJFS11.180.
- Khetarpaul, N., Goyal, R. (2007). Effect of supplementation of soy, sorghum, maize, and rice on the quality of cooked noodles. *Ecol Food Nutr*, 46, 61-76, doi:10.1080/03670240601100600.
- Kim, Y., Kee, J.I., Lee, S., Yoo, S.-H. (2014). Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase. *Food Chem*, 145, 409-416, doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.078.
- Kumari, S., Krishnan, V., Jolly, M., Sachdev, A. (2015). Reduction in phytate levels and HCl-extractability of divalent cations in soybean (*Glycine max* L.) during soaking and germination. *Indian J Plant Physiol*, 20(1), 44-49, doi:10.1007/s40502-014-0132-5.
- Lin, X.X.L.H., Li, W.Z. (1997). The research of mung bean SOD oral liquid. *Food Sci*, 18, 25-26.
- Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., Zhao, K., Li, W. (2018). The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *J Food Sci Technol*, 55(12), 5142-5152, doi:10.1007/s13197-018-3460-z.

- Masood, T., Shah, H.U., Zeb, A. (2014). Effect of sprouting time on proximate composition and ascorbic acid level of mung bean (*Vigna radiate* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *J Anim Plant Sci*, 24(3), 850-859.
- Menon, L., Majumdar, S.D., Ravi, U. (2015). Development and analysis of composite flour bread. *J Food Sci Technol*, 52(7), 4156-4165, doi:10.1007/s13197-014-1466-8.
- Mubarak, A. (2005). Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chem*, 89, 489-495, doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.007.
- Onimawo, I.A., Asugo, S. (2004). Effects of germination on the nutrient content and functional properties of pigeon pea flour. *J Food Sci Technol*, 42, 170-174.
- Özkaya, B., Özkaya, H., Büyükikiz, E. (2001). The cooking properties of Eriste (Turkish noodle) produced by traditional methods. *Getreide Mehl und Brot*, 55(2), 120-125.
- Pakhare, K.N., Dagadkhair, A.C., Udachan, I.S. (2017). Optimization and characterization of defatted soy flour and defatted rice bran flour incorporated noodles. *Multilogic in Science*, 7(24), 102-107.
- Porres, J.M., Etcheverry, P., Miller, D.D., Lei, X.G. (2001). Phytase and citric acid supplementation in whole-wheat bread improves phytate-phosphorus release and iron dialyzability. *J Food Sci*, 66(4), 614-619, doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb04610.x.
- Rosa-Sibakov, N., Heiniö, R.-L., Cassan, D., Holopainen-Mantila, U., Micard, V., Lantto, R., Sozer, N. (2016). Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. *LWT - Food Sci Tech*, 67, 27-36, doi:10.1016/j.lwt.2015.11.032.
- Shi, Z., Yao, Y., Zhu, Y., Ren, G. (2016). Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. *Crop J*, 4, 398-406, doi:10.1016/j.cj.2016.06.011.
- Sissons, M.J., Aravind, N., Fellows, C.M. (2010). Quality of fibre-enriched spaghetti containing microbial transglutaminase. *Cereal Chem*, 87, 57-64, doi:10.1094/CCHEM-87-1-0057.
- Skujins, S. (1998). *Handbook for ICP-AES* (Vartian-Vista). A Short Guide to Vista Series ICP-AES Operation. Variant Int. AG, Zug, version 1.0, Switzerland.
- Slathia, N., Bandral, J.D., Sood, M. (2016). Quality evaluation of noodles supplemented with germinated mungbean flour. *Int J Food Ferm Tech*, 6(2), 451-456, doi:10.5958/2277-9396.2016.00071.4.
- Slathia, N., Bandral, J.D., Sood, M., Rai, P.K. (2018). Effect of germination on antinutritional and mineral composition of mungbean supplemented noodles. *Progress Agric*, 18(2), 201-206, doi:10.5958/0976-4615.2018.00036.4.
- Swieca, M., Gawlik-Dziki, U. (2015). Effects of sprouting and postharvest storage under cool temperature conditions on starch content and antioxidant capacity of green pea, lentil and young mung bean sprouts. *Food Chem*, 185, 99-105, doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.108.
- Takacs, K., Nemedi, E., Marta, D., Gelencser, E., Kovacs, E.T. (2007). Use of the enzyme transglutaminase for developing gluten free noodle products from pea flour. *Acta Aliment*, 36, 195-205, doi:10.1556/AAlim.2007.0008.
- Tang, D., Dong, Y., Ren, H., Li, L., He, C. (2014). A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*). *Chem Cent J*, 8-4, doi:10.1186/1752-153X-8-4.
- Torres, A., Frias, J., Granito, M., Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chem*, 101, 202-211, doi:10.1016/j.foodchem.2006.01.018.
- Turco, I., Bacchetti, T., Bender, C., Oboh, G., Zimmermann, B., Ferretti, G. (2016). Polyphenol content and glycemic load of pasta enriched with faba bean flour. *Funct Food Health Dis*, 6(5), 291-305, doi:10.31989/ffhd.v6i5.254.

Wang, X., Yang, R., Jin, X., Chen, Z., Zhou, Y., Gu, Z. (2015). Effect of germination and incubation on Zn, Fe, and Ca bioavailability values of soybeans (*Glycine max* L.) and mung beans (*Vigna radiate* L.). *Food Sci Biotechnol*, 24(5), 1829-1835, doi:10.1007/s10068-015-0239-0.

Wijeratne, V., Hettiarachchi, T.C., Subodinee, A.A.M. (2012). Sprouted mung bean flour in developing high nutritive biscuits. *International Symposium on Agriculture and Environment*, Sri Lanka.

Yeoh, S.Y., Alkarkhi, A.F.M., Easa, A.M. (2014). Effect of cross-linking agents on physicochemical, textural properties and microstructure of canned soy protein isolate-yellow alkaline noodles prepared by retort processing. *J Food Process Preserv*, 38, 1187-1197, doi:10.1111/jfpp.12079.



SUCUKTAN İZOLE EDİLEN *PEDIOCOCCUS* SUŞLARININ BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ*

Betül Aslan, Banu Özden Tuncer **

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

Geliş / Received: 01.06.2020; Kabul / Accepted: 08.10.2020; Online baskı / Published online: 02.11.2020

Aslan, B., Özden-Tuncer, B. (2020). Sucuktan izole edilen *Pediococcus* suşlarının bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA* (2020) 45(6) 1109-1120 doi: 10.15237/gida.GD20086

Aslan, B., Özden-Tuncer, B. (2020). Determination of some technological properties of *Pediococcus* strains isolated from sucuk. *GIDA* (2020) 45(6) 1109-1120 doi: 10.15237/gida.GD20086

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, sucuktan izole edilen *Pediococcus acidilactici* (31 adet) ve *Pediococcus pentasaceus* (2 adet) suşlarının starter kültür olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesidir. Bu amaçla *Pediococcus* suşlarında laktik asit üretimi, proteolitik aktivite, lipolitik aktivite, nitrat redüktaz aktivitesi ve antibakteriyel madde üretim yetenekleri araştırılmıştır. Üç farklı besiyerinde (skim milk besiyeri, glukoz içeren skim milk besiyeri ve MRS broth besiyeri) 6. saat ve 24. saat sonunda yapılan pH ölçümleri kıyaslandığında en yüksek Δ pH değeri MRS broth besiyerinde 24 saat sonunda 1.71-2.49 aralığında hesaplanmıştır. En yüksek laktik asit üretimi de yine MRS broth besiyerinde 24 saat sonunda % 0.83-1.62 aralığında bulunmuştur. Suşların hiçbiri besiyeri ortamlarında proteolitik ve lipolitik aktivite göstermemiştir. Yirmi iki *Pediococcus* suşu kuvvetli, 4'ü ise zayıf nitrat redüktaz aktivitesi göstermiştir. Ayrıca tüm *Pediococcus* suşlarının indikatör bakterileri inhibe ettiği saptanmıştır. Sonuç olarak, hızlı asit üreten, nitrat redüktaz ve antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirlenen *Pediococcus* suşlarının fermente et ürünleri üretiminde starter kültür olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sucuk, *Pediococcus*, laktik asit, nitrat redüktaz, antibakteriyel aktivite, teknolojik özellikler

DETERMINATION OF SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF *PEDIOCOCCUS* STRAINS ISOLATED FROM SUCUK

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the potential use of *Pediococcus acidilactici* (31 strains) and *Pediococcus pentasaceus* (2 strains) strains isolated from sausage as starter culture. For this purpose, lactic acid production, proteolytic activity, lipolytic activity, nitrate reductase activity and antibacterial substance production ability were investigated in *Pediococcus* strains. When pH measurements at the end of 6th and 24th hours incubation period were compared in three different culture media (skim milk, skim milk with glucose and MRS) the highest pH change (Δ pH) was measured between 1.71 and 2.49 at the end of 24 hours incubation period in MRS broth. The highest lactic acid production was also determined as 0.83-1.62 % in MRS broth at the end of 24 hours incubation period. None of the strains showed proteolytic activity and lipolytic activity in agar media. Twenty two of *Pediococcus*

*Bu araştırma Betül Aslan'ın yüksek lisans tez çalışmasıdır. Bu çalışma 9. Gıda Mühendisliği Kongresi İzmir/Türkiye'de poster olarak sunulmuş ve kongre kitabında özet olarak basılmıştır. *This paper is MSc thesis of Betül Aslan. This study was presented as a poster presentation at the 9th Food Engineering Congress İzmir/Turkey, and study was published as a abstract in the book of proceedings.*

** Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ banutuncer@sdu.edu.tr,

☎ (+90) 246 211 8006,

☎ (+90) 246 237 0437

Betül Aslan; ORCID no: 0000-0001-5764-274X

Banu Özden Tuncer; ORCID no: 0000-0001-9678-4441

strains showed strong nitrate reductase activity, while 4 of *Pediococcus* have weak nitrate reductase activity. In addition, all *Pediococcus* strains have been found to inhibit indicator bacteria. As a result, it has been determined that *Pediococcus* strains that produce fast acid, have nitrate reductase and antibacterial activity can be used as starter culture in the production of fermented meat products.

Keywords: Sausage, *Pediococcus*, lactic acid, nitrate reductase, antibacterial activity, technological properties.

GİRİŞ

Et, besin değerinin yanında özel tat ve kokusu ile insan beslenmesinde yer alan önemli bir gıda maddesidir (Öztaş, 2011). Et, insanoğlu tarafından çok eski zamanlardan beri dayanıklılığının artırılması ve farklı lezzetler oluşturmak amacı ile çeşitli ürünlere işlenmektedir. Bu amaçla üretilen ürünlerden biri de sucuktur (Nychas ve Arkoudelos, 1990; Çon vd., 2002). Sucuk, sığır eti ve yağı ile kuyruk yağının kıyma makinesinden geçirilip inceltmesi ve tuz, şeker, baharat ile karıştırılıp kılıflara doldurulduktan sonra kurutularak olgunlaşması ile üretilen bir üründür (Bozkurt, 2006). Sucuk üretiminde starter kültür kullanılarak fermentasyon gerçekleştirilebildiği gibi sucuk hamurunun doğal florasında bulunan doğal mikroorganizmalar tarafından da sucuk fermentasyonları yapılabilmektedir (Çon ve Gökalp, 2000). Starter kültür kullanılmadan üretilen sucukların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri zaman zaman farklılık göstermektedir. Bu nedenle, standart kalitede, raf ömrü uzun, hijyenik bir ürün eldesi için sucuk teknolojisinde starter kültür kullanımı doğru bir yaklaşım olarak görülmektedir. Ancak tüketicilerin doğal ürün tüketme arzusu nedeniyle ve damak tadı olarak daha lezzetli bulunan geleneksel sucuk üretimleri halen çeşitli üreticiler tarafından tercih edilmektedir (Lücke, 2000; Kundakçı vd., 2007).

Sucuk fermentasyon teknolojisinde starter kültür olarak, laktik asit bakterileri (LAB-*Lactobacillus*, *Pediococcus* ve *Leuconostoc*), koagülaz negatif koklar (*Staphylococcus xylosus* ve *S. carnosus*), *Kocuria varians* (*Micrococcus varians*) ve mayalar (*Debaryomyces hansenii*) yer almaktadır (Öztürk ve Sağdıç, 2014). Türk tipi fermente kuru sucuklardan izole edilen LAB; *Lactobacillus plantarum*, *Lb. sakei*, *Lb. fermentum*, *Lb. brevis*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. delbrueckii*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Pediococcus pentosaceus*, *P. acidilactici*, *Leuconostoc mesenteroides/dextranicum*, *L.*

lactis, *Enterococcus faecium* ve *E. faecalis* türleridir. LAB içerisinde yer alan *Pediococcus* suşları doğal fermentasyon ile üretilmiş sucuklardan sıklıkla izole edilmektedir (Adıgüzel ve Atasever, 2009). LAB, sosis fermentasyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Toldra vd., 2001; Fontana vd., 2016). LAB, sosis hamurunda bulunan karbonhidratları fermente ederek ürettikleri laktik asit ile asitliğin düşürülmesi, sahip oldukları proteolitik ve lipolitik aktivite ile sucuğa has tat ve aromanın oluşması, bakteriyosin sentezi ile mikrobiyel güvenliğin sağlanmasına yardımcı olma gibi çok sayıda metabolik aktiviteye sahiptirler. Bu metabolik aktivitelerinden dolayı LAB sosis fermentasyonlarında starter kültür olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Aymerich vd., 2003; Huang vd., 2007). Sosis üretiminde *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus* suşlarının tercih edilme nedenlerinden biri hızlı asit oluşturmalarıdır. Kompleks bir ortam olan sosis hamurunda çeşitli karbonhidratları fermente ederek laktik asit oluşumunu sağlayan bu bakteriler oluşturdukları laktik asit ile; i) patojen ve hastalık etmeni mikroorganizmaların gelişmesini engellemek, ii) ürünün hızlı kurumasını, proteinlerin koagülasyonu ve denatürasyonu aracılığı ile tekstürel özelliklerin gelişmesini, iii) kas proteazlarının aktivasyonunu, iv) nitritin nitritoksite indirgenmesi ve nitritoksinin miyogloblin ile reaksiyona girerek nitrosomiyogloblin oluşumu ile sucuklarda parlak kırmızı rengin gelişmesi gibi olumlu teknolojik özellikler sağlamaktadır (Lücke, 2000). Diğer taraftan fazla asitlik oluşumu ürünün tat ve kokusunu olumsuz etkileyebileceği gibi koagülaz-negatif stafilokokların inhibisyonu neticesinde renk oluşumunun da bozulmasına neden olabilmektedir (Buckenhüskes, 1993). Fermente ürünlerde organik asitler ve aromatik bileşikler mikroorganizmaların proteolitik ve lipolitik aktiviteleri sonucu meydana gelmektedir. Proteoliz ve lipoliz sonucu düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin oluşumu ile tekstür ve flora gelişimi

etkilenmektedir. LAB genellikle güçlü proteolitik ve lipolitik aktivite göstermezler. Bunun yanında bazı et kaynaklı LAB'nin belli düzeyde peptidaz ve lipaz aktivitesi gösterebildiği bildirilmiştir (Fadda vd., 1999; Casquete vd., 2011). Bakteriyosinler bakteriler tarafından ribozomal olarak sentezlenen ve hücre dışına salgılanan antimikrobiyal peptidlerdir (Klaenhammer, 1988). Bakteriyosin üreticisi kültürler fermente et ürünlerinin mikrobiyal güvenliğini arttırmak için starter kültür kombinasyonlarında kullanılabilir (Laranjo vd., 2019).

Bu çalışmada; starter kültür kullanılmadan üretilen Türk tipi fermente sucuktan izole edilen *Pediococcus* suşlarının bazı teknolojik özellikleri araştırılarak, fermente et ürünleri üretiminde kullanım potansiyeli bulabilecek starter kültür adaylarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Mikroorganizma

Çalışma kapsamında kullanılan sucuktan izole edilmiş 33 *Pediococcus* suşu Yüceer ve Özden Tuncer (2015)'den temin edilmiştir. Suşlar de Man Rogosa and Sharpe broth (MRS, LAB M, Lancashire, UK) ortamlarında 30 °C'de 24 saat (sa) süre ile geliştirilmiştir. Kültürler daha sonra % 20 oranında gliserol içeren stok tüplerine aktarılmış ve -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Antibakteriyel aktivite çalışmasında kullanılan indikatör bakteriler, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Bakteriyel Genetik Laboratuvarı Kültür Koleksiyonu'ndan temin edilmiştir. İndikatör bakterilerin kültüre edildikleri besiyeri ortamları ve gelişme sıcaklıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İndikatör bakteriler, gelişme besiyerleri ve sıcaklıkları

Table 1. Indicator bacteria, growth medium and temperature

İndikatör bakteriler <i>Indicator bacteria</i>	Gelişme besiyeri* ve sıcaklığı (°C) <i>Growth medium* and temperature (°C)</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i> LMG2003	MRS, 37 °C
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1	GM17, 37 °C
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 731	GM17, 37 °C
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> T1	GM17, 37 °C
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 105	GM17, 37 °C
<i>Listeria innocua</i> LMG2813	LB, 30 °C
<i>L. monocytogenes</i> ATCC15813	LB, 30 °C
<i>L. monocytogenes</i> ATCC19115	LB, 30 °C
<i>L. monocytogenes</i> ATCC7644	LB, 30 °C
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923	TSB, 37 °C
<i>S. aureus</i> LMG3022	TSB, 37 °C
<i>S. carnosus</i> LMG2709	TSB, 37 °C
<i>S. aureus</i> ATCC29213	TSB, 37 °C
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC29212	GM17, 30 °C
<i>E. faecalis</i> LMG2708	GM17, 30 °C
<i>E. faecalis</i> LMG2602	GM17, 30 °C
<i>Bacillus cereus</i> ATCC10876	TSB, 37 °C
<i>Bacillus cereus</i> LMG2732	TSB, 37 °C
<i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC14028	LB, 37 °C
<i>Salmonella</i> Enteridis ATCC13076	LB, 37 °C
<i>Escherichia coli</i> LMG3083 (ETEC)	LB, 37 °C
<i>Pediococcus pentosaceus</i> LMG2001	TSB, 37 °C

*MRS: de Man Rogosa and Sharpe broth, TSB: Triptik Soy broth, LB: Luria-Bertani broth, GM17: Glukoz M17 broth (% 0.5 glukoz)

* MRS: de Man Rogosa and Sharpe broth, TSB: Tryptone Soy broth, LB: Luria-Bertani broth, GM17: Glucose M17 broth (containing 0.5 % glucose)

Laktik asit üretiminin ve pH'daki değişimlerinin belirlenmesi

Pediococcus suşlarının kültür ortamlarında pH değişimini belirlemek için, aktif kültürler skim milk, glukoz içeren skim milk ve MRS broth besiyerlerine % 1 oranında inoküle edilmiştir. 30 °C'de inkübasyona bırakılan kültürlerin 6. ve 24. saatteki pH'ları pH metre (WTW 3110, Almanya) ile ölçülmüş ve ΔpH değerleri başlangıç besiyeri pH'sı ile inkübasyon süresi sonunda ölçülen pH değeri arasındaki fark olarak kaydedilmiştir (Özkalp vd., 2007).

Pediococcus suşlarının asit üretim düzeyleri % 1 oranında inokülasyon yapılmış skim milk, % 0,5 glukoz içeren skim milk ve MRS broth besiyeri ortamlarında 30 °C'de 24 sa. inkübasyon sonrası titrasyon asitliği cinsinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Bradley vd., 1992).

$$\% \text{ Laktik asit} = \frac{[\text{Harcanan NaOH miktarı (mL)} \times \text{NaOH' in normalitesi}] \times 9}{\text{Örnek miktarı}} \quad (1)$$

Proteolitik aktivite yeteneklerinin belirlenmesi

Suşların proteolitik aktivite yetenekleri, jelatin (30 g/L) içeren MRS agar ve Calcium caseinate agar (Fluka 21065, İsviçre) ortamlarında test edilmiştir (Landeta vd., 2013). Proteolitik aktivite denemeleri için *Pediococcus* suşları MRS broth besiyerinde 30 °C'de 18 sa inkübe edilmiş ve süre sonunda 10 µL kültür jelatin içeren MRS agar ve Calcium caseinate agar besiyeri ortamlarına inoküle edilmiştir. Besiyeri ortamları 30 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmış ve bu süre sonunda koloni etrafında opak zon oluşumu pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir. Proteolitik aktivite denemelerinde *E. faecalis* NYE7 suşu (Inoglu ve Tuncer, 2013) pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

Lipolitik aktivite yeteneklerinin belirlenmesi

Suşların lipolitik aktivite yetenekleri Spirit Blue agar (BD Difco™ 295020, USA) ve Tween 80/Tween 20 içeren MRS agar ortamlarında belirlenmiştir (Landeta vd., 2013). Suşların % 1 oranında Tween 80 ve Tween 20 içeren MRS agar ortamlarında oluşturdukları zonlar incelenmiştir. Spirit Blue Agar, Tween 20 veya Tween 80 içeren

MRS agara, ayrı ayrı aktif kültürlerden 10 µL inoküle edilmiştir ve 30 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda suşların oluşturduğu zonlar incelenmiştir.

Nitrat redüktaz aktivitesinin belirlenmesi

Suşların nitrat redüktaz aktivitesi % 0.1 (w/v) KNO₃ içeren YT agar ortamlarında Miralles vd. (1996) tarafından önerilen yönteme göre belirlenmiştir. Inkübasyon süresi sonunda nitrat reaktifi A (Fluka 38497) ve B (Fluka 39441) eşit hacimde karıştırılmış ve kolonilerin üzeri bu karışım ile kaplanmıştır. Koloni etrafında kırmızı renk oluşumu pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir. Denemelerde pozitif kontrol olarak nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğu bilinen *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 ve *Escherichia coli* ATCC 25922 suşları kullanılmıştır.

Antibakteriyel madde üretim yeteneklerinin belirlenmesi ve proteolitik enzim denemesi

Suşların antibakteriyel aktivitesi van Belkum vd. (1989) tarafından önerilen nokta ekim yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Antibakteriyel aktivite testi için suşlar MRS broth ortamında 30 °C'de 18 sa kültüre edilmiştir. Aktif kültürlerden öze yardımıyla MRS agara sürme ekim yapılmış ve 30 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda oluşan koloniler steril kürdan yardımıyla alınmış ve MRS agar ortamına nokta ekim yapılmıştır. Petri kutuları 30 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon süresi sonunda kolonilerin yüzeyi 100 µL indikatör bakteri inoküle edilmiş yumuşak agar (% 0.5 agar, w/v) ile kaplanmıştır. Petri kutuları indikatör bakterilerin geliştiği uygun sıcaklıkta 18 saat inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda *Pediococcus* kolonileri etrafında oluşan inhibisyon zon çapları ölçülmüştür. Denemelerde Çizelge 1'de verilen indikatör bakteriler kullanılmıştır.

Proteolitik enzim denemesi için *Pediococcus* kolonileri steril kürdan yardımıyla MRS agar ortamına nokta ekim yapılmış ve koloni oluşumu için 30 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmıştır. Ertesi gün kolonilerin yaklaşık 1 cm uzağına 10 µL proteinaz K (30 µg/mL) damlatılmış ve petri kutuları 1 sa süre ile 37 °C'de inkübe edilmiştir. Süre sonunda 100 µL indikatör bakteri inoküle

edilmiş yumuşak agar ile petri yüzeyi kaplanmıştır. Petri kutuları indikatör bakterilerin geliştiği uygun sıcaklıkta 18 sa. inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda *Pediococcus* kolonileri etrafında oluşan inhibisyon zon yapıları incelenmiştir. İnhibisyon zonunun proteinaz K damlatılan tarafında meydana gelen aktivite kaybı, antibakteriyel maddenin protein doğasında olduğunun (bakteriyosin) göstergesi olarak kabul edilmiştir. Denemelerde enzim damlatılmamış petri ve Koral ve Tuncer (2014)'den temin edilen nisin Z üreticisi *L. lactis* subsp. *lactis* GYL32 suşu kontrol olarak kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ticari starter kültür kullanılmadan üretilen sucuk örneklerinden izole edilen *Pediococcus* suşlarının skim milk ortamında ilk 6 sa inkübasyon süresi sonunda Δ pH değerleri 0.09 ile 0.53 aralığında tespit edilmiştir. 24 sa inkübasyon süresi sonunda ise suşların Δ pH değeri 0.11 ile 1.36 aralığında ölçülmüştür. 24 sa inkübasyon süresi sonunda yapılan titrasyon ile *Pediococcus* suşlarının titrasyon asitliği % 0.144-0.360 değerleri aralığında hesaplanmıştır (Çizelge 2). *Pediococcus* suşlarının % 0.5 glukoz içeren skim milk ortamında Δ pH değerleri 6 sa inkübasyon süresi sonunda 0.15-0.37, 24 sa inkübasyon süresi sonunda ise 0.48-1.52 aralığında ölçülmüştür. *Pediococcus* suşlarının % 0.5 glukoz içeren skim milk ortamında 24 sa inkübasyon sonunda titrasyon asitliği ise % 0.197-0.495 aralığında bulunmuştur (Çizelge 2). MRS broth ortamlarında ise *Pediococcus* suşlarının 6 sa inkübasyon süresi sonunda Δ pH değerleri 0.34-1.14 aralığında, 24 sa inkübasyon süresi sonunda ise 1.71-2.49 aralığında olduğu ölçülmüştür. *Pediococcus* suşlarının MRS ortamlarında oluşturduğu titrasyon asitliğinin ise 24 sa inkübasyon süresi sonunda % 0.83-1.62 aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Süt endüstrisinde starter kültür olarak kullanılan LAB skim milk ortamında 6 ve 24 sa inkübasyon süresi sonunda Δ pH değerleri 1'den küçük ise yavaş, 1-1,5 aralığında ise orta ve 1.5'ten büyük ise hızlı asit üreticisi olarak tanımlanmaktadır (Bradley vd., 1992; Özkalp vd., 2007; Kasap ve Tuncer, 2019). Bu değerlendirmeye göre skim milk ve glukoz içeren skim milk ortamında

Pediococcus suşlarının genel olarak yavaş asit ürettikleri tespit edilmiştir (Çizelge 2). Diğer taraftan MRS besiyerinde yapılan ölçümlere göre ise 24 sa sonunda *Pediococcus* suşlarının tamamı hızlı asit üreticisi olarak tanımlanmıştır (Çizelge 2). Garvie (1986), çoğu pediokok suşunun laktozu fermente edememesinin onların süt fermentasyonlarında kullanımını sınırlayan en önemli faktör olduğunu ifade etmiştir. Benzer olarak bu çalışma kapsamında da sucuk izolatu *Pediococcus* suşlarının genel olarak skim milk ortamında zayıf asit üreticisi oldukları belirlenmiştir. *Pediococcus* türleri arasında *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus* suşları, bu nedenle süt endüstrisinden ziyade daha çok sebze ve sosis fermentasyonlarında starter kültür olarak kullanılmaktadır (Bhowmik ve Marth, 1990; Bhowmik vd., 1990). Sosis üretimlerinde *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus* suşlarının tercih edilme nedenlerinden biri bu türlerin sosis hamurunda hızlı asit üretmeleridir. Çalışma kapsamında da kullanılan *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus* suşlarının tamamının MRS broth ortamında 24 sa inkübasyon sonunda hızlı asit üreticisi suşlar olduklarının tespiti, bu suşların fermente et ürünleri üretiminde starter kültür kombinasyonlarında yer alabileceğini göstermektedir.

Proteolitik aktivite denemesi sonucu, çalışmada kullanılan *Pediococcus* suşlarının hiçbirinin proteolitik aktivite göstermediği belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer olarak Landeta vd. (2013), kurutulmuş İspanyol tipi sosislerden izole ettikleri *Lactobacillus* suşlarının jelatin ve Calcium caseinate agarda proteolitik aktivite yeteneği göstermediğini tespit etmişlerdir. Mejri ve Hassouna (2016) tarafından yapılan çalışmada ise, deve etinden üretilen sucuklardan izole ettikleri *Lb. plantarum* suşlarının % 4 jelatin ve % 10 skim milk içeren MRS agar ortamlarında proteolitik aktivite yetenekleri test edilmiştir. Jelatinin substrat olarak kullanıldığı petrilerde (30 °C'de 18 sa) hiçbir laktobasil suşunun jelatinaz aktivitesi göstermediği, ancak çoğu izolatu kazeini hidrolize ettiği (30 °C'de 72 sa) belirlenmiştir. Yaman vd. (1998), ticari üretimi yapılan sucuklardan izole ettikleri *Pediococcus* suşlarında spektrofotometrik yöntem kullanarak

proteolitik aktivite değerlerinin 0.13-0.21 mg tirozin/mL aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak Yüksekdağ ve Aslım (2010), Türk tipi fermente sucuklardan izole ettikleri *Pediococcus* suşlarının proteolitik aktivite değerlerinin 0.06-0.25 mg tirozin/mL aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. *Pediococcus* suşlarında proteolitik aktivitenin bu denli düşük bulunmasının ya da hiç bulunmamasının sebebi hücre dışı proteaz üretmemeleri olabilmektedir. Yapılan çalışmalar *Pediococcus* suşlarının hücre içi proteaz, dipeptidaz ve amino peptidaz enzimlerini ürettiklerini göstermiştir (Bhowmik ve Marth,

1990; Bhowmik vd., 1990). Özellikle peynir üretiminde otoliz olan *Pediococcus* suşlarının hücre içi peptidaz enzimleri açığa çıkarak peynir olgunlaşmasında etkili olmaktadır. Otoliz mekanizması sebze, et ve süt kaynaklı *P. acidilactici* ve *P. pentasaceus* suşlarında tanımlanmıştır. *Pediococcus* suşlarında peptidoglukan hidrolizinin yüksek tuz konsantrasyonunda ve farklı pH değerlerinde aktifleşmesi, bu suşların tuz içeriği yüksek fermente et ve sebze ürünlerinin üretiminde kullanım potansiyeline sahip olmalarını sağlamaktadır (Mora vd., 2003).

Çizelge 2. *Pediococcus* suşlarının skim milk (% 10), % 0.5 glukoz içeren skim milk ve MRS broth besiyerlerinde 6 saat ve 24 saat inkübasyon süresi sonunda pH değişimleri (Δ pH) ve 24 saat inkübasyon süresi sonunda titrasyon asitliği değerleri

Table 2. pH changes (Δ pH) of *Pediococcus* strains in skim milk (10 %), 0.5 % glucose containing skim milk and MRS broth medium at the end of the 6 and 24 hours incubation time and titration values at the end of the 24 hour incubation

Suşlar Strains	Δ pH Δ pH						Titrasyon asitliği (%) Titration acidity (%)		
	SM*		SM+G*		MRS*		SM	SM+G	MRS
	6. sa 6. b	24 sa 24. b	6. sa 6. b	24. sa 24. b	6. s 6. b	24. s 24. b	24. sa 24. b	24. sa 24. b	24. sa 24. b
<i>P. acidilactici</i> OBS2	0.20	0.22	0.21	0.50	0.75	2.37	0.183	0.225	1.51
<i>P. acidilactici</i> OBS6	0.14	0.21	0.20	0.54	0.75	2.36	0.172	0.225	1.46
<i>P. acidilactici</i> OBS7	0.18	0.23	0.25	0.60	0.91	2.40	0.144	0.225	1.50
<i>P. acidilactici</i> OBS10	0.20	0.23	0.26	0.62	0.62	2.49	0.162	0.230	1.59
<i>P. acidilactici</i> OBS16	0.21	0.35	0.23	0.63	0.34	1.71	0.144	0.247	0.83
<i>P. acidilactici</i> OBS19	0.16	0.23	0.23	0.48	0.86	2.34	0.154	0.202	1.37
<i>P. acidilactici</i> OBS21	0.17	0.23	0.20	0.55	0.81	2.32	0.162	0.213	1.32
<i>P. acidilactici</i> OBS22	0.09	0.11	0.19	0.60	0.79	2.39	0.144	0.225	1.37
<i>P. acidilactici</i> OBS27	0.22	0.24	0.20	0.60	1.08	2.47	0.144	0.225	1.62
<i>P. acidilactici</i> OBS28	0.16	0.23	0.15	0.49	0.91	2.42	0.169	0.208	1.55
<i>P. acidilactici</i> OBS30	0.17	0.21	0.37	1.52	1.07	2.39	0.165	0.495	1.39
<i>P. acidilactici</i> OBS35	0.13	0.19	0.26	0.65	0.88	2.31	0.180	0.253	1.30
<i>P. acidilactici</i> OBS36	0.15	0.22	0.25	0.57	0.87	2.34	0.157	0.197	1.30
<i>P. acidilactici</i> OBS38	0.16	0.25	0.26	0.79	0.99	2.37	0.180	0.225	1.35
<i>P. acidilactici</i> OBS40	0.17	0.24	0.25	1.04	0.99	2.33	0.193	0.315	1.35
<i>P. acidilactici</i> OBS42	0.15	0.21	0.27	0.64	0.74	2.28	0.157	0.202	1.26
<i>P. acidilactici</i> OBS44	0.12	0.14	0.22	1.05	0.97	2.34	0.157	0.292	1.35
<i>P. acidilactici</i> OBS49	0.14	0.20	0.20	0.67	0.92	2.37	0.166	0.242	1.44
<i>P. acidilactici</i> OBS51	0.16	0.23	0.21	0.70	0.88	2.36	0.180	0.230	1.35
<i>P. acidilactici</i> OBS52	0.53	1.36	0.22	0.62	0.88	2.17	0.360	0.208	1.08
<i>P. acidilactici</i> OBS53	0.24	0.85	0.26	0.82	0.98	2.47	0.283	0.259	1.53
<i>P. acidilactici</i> OBS54	0.24	0.31	0.28	0.88	1.00	2.47	0.166	0.236	1.53
<i>P. acidilactici</i> OBS55	0.16	0.26	0.19	0.59	0.82	2.44	0.247	0.259	1.39

Pediococcus suşlarının bazı teknolojik özellikleri

<i>P. pentosaceus</i> OBS56	0.20	0.40	0.23	0.67	1.02	2.49	0.210	0.253	1.53
<i>P. pentosaceus</i> OBS57	0.20	0.75	0.23	0.66	1.00	2.47	0.256	0.253	1.53
<i>P. acidilactici</i> OBS58	0.20	0.25	0.24	0.75	1.05	2.46	0.225	0.242	1.53
<i>P. acidilactici</i> OBS59	0.19	0.25	0.26	0.76	1.02	2.45	0.200	0.253	1.48
<i>P. acidilactici</i> OBS60	0.20	0.18	0.28	0.71	1.03	2.46	0.238	0.247	1.48
<i>P. acidilactici</i> OBS61	0.17	0.22	0.25	1.17	1.09	2.44	0.225	0.231	1.48
<i>P. acidilactici</i> OBS62	0.18	0.30	0.24	0.71	1.14	2.44	0.200	0.247	1.44
<i>P. acidilactici</i> OBS63	0.13	0.19	0.19	0.75	0.85	2.39	0.180	0.264	1.44
<i>P. acidilactici</i> OBS64	0.18	0.25	0.22	0.59	1.06	2.44	0.225	0.225	1.44
<i>P. acidilactici</i> OBS65	0.16	0.22	0.20	0.58	0.84	2.43	0.225	0.236	1.48

*SM: skim milk / *skim milk*, SM+G: % 0.5 glukoz içeren skim milk / *0.5% glucose containing skim milk*, MRS: de Man Rogosa and Sharpe broth / *de Man Rogosa and Sharpe broth*

Pediococcus suşlarının lipolitik aktivite yeteneklerinin belirlenmesi, Spirit Blue agar ve Tween 80/Tween 20 içeren MRS agar ortamlarında belirlenmiştir (Landeta vd., 2013). İki farklı besiyeri ortamı kullanılarak yapılan lipolitik aktivite denemeleri sonucu, *Pediococcus* suşlarının hiçbirinin her iki besiyerinde de lipolitik aktivite göstermediği belirlenmiştir. Benzer olarak Yaman vd. (1998), piyasada mevcut bulunan sucuklardan izole ettikleri *P. pentosaceus* ve *Lb. plantarum* suşlarının lipolitik aktivite yeteneği göstermediğini belirlemişlerdir. Diğer taraftan Jini vd. (2011), tatlı su balığı işleme atıklarından izole ettikleri *P. pentosaceus* suşlarının lipaz aktivitesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Landeta vd. (2013), kurutulmuş İspanyol tipi sosislerden izole ettikleri bazı *Enterococcus* suşları hariç *Lactobacillus* suşlarının Tween 20 ve Tween 80'i hidrolize etmediğini ancak Spirit Blue Agar ortamlarında *Lb. plantarum* ve *Lb. paracasei* suşlarının lipolitik aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Farklı bir araştırmada ise Tween 20, Tween 40, Tween 60 ve Tween 80 substrat olarak kullanıldığında fermente et ürünlerinden izole edilen *P. pentosaceus* ve *P. lolii* suşlarının lipolitik aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Tanasupawat vd., 2015). Zeng vd. (2016), ise, fermente tatlı su balığından izole edilen *P. pentosaceus* suşlarının lipolitik aktivite yeteneğinin olmadığını belirlemişlerdir. Dinçer ve Kıvanç (2018) ise yaptıkları çalışmada pastırmadan izole ettikleri 50 LAB'si arasından 25'inin lipolitik aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Pediococcus suşlarının nitrat redüktaz aktivitesinin test edildiği denemeler sonucu 21 *P. acidilactici* (OBS2, OBS7, OBS10, OBS16, OBS21, OBS27,

OBS28, OBS30, OBS35, OBS38, OBS42, OBS44, OBS51, OBS52, OBS53, OBS54, OBS57, OBS60, OBS61, OBS62, OBS63 ve OBS64) ve 1 *P. pentosaceus* (OBS57) suşunun nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğu, 4 *P. acidilactici* suşunun (OBS6, OBS19, OBS40 ve OBS49) ise zayıf nitrat redüktaz aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. 7 *Pediococcus* suşunun ise nitrat redüktaz aktivitesi göstermediği tespit edilmiştir. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda da *Pediococcus* suşlarının nitrat redüktaz aktivitesine sahip oldukları belirlenmiştir (Hammes vd., 1990; Hugas ve Monfort, 1997). Fermente et ürünlerinde starter kültür olarak kullanılan bakteriler arasında en etkili nitrat redüktaz aktivitesine sahip mikroorganizmalar stafilkoklar ve mikrokoklardır (Gøtterup vd., 2008). Stafilkoklar ve mikrokoklar kadar yüksek düzeyde olmasa da LAB de nitrat redüktaz aktivitesi gösterebilmektedir. Yapılan çalışmalarda LAB'nin stafilkokların ve mikrokokların nitrat redüktaz aktivitesini destekleyici bir aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Hammes ve Knauf, 1993; Aksu vd., 2005). Nitrat redüktaz aktivitesine sahip LAB'ni içeren starter formülasyonları ile yapılan sosislerin duyu kalitesinin yüksek olduğu bildirilmektedir (Hammes vd., 1990; Hugas ve Monfort, 1997). Nitrat redüktaz aktivitesi fermente et ürünlerinde starter kültür olarak kullanılacak suşların seçilmesinde önemli bir kriterdir. Nitratın indirgenmesi üründe arzu edilen renk oluşumunu sağlarken aynı zamanda kötü lezzetin oluşumuna engel olarak ürünün kendine özgü lezzetinin geliştirilmesi ile de ilişkilidir (Garcia-Varona vd., 2000). Nitrat redüktaz aktivitesi fermente et ürünlerinde starter kültür

olarak kullanılacak *Pediococcus* suşlarının seçiminde birinci kriter olmasa da çalışma kapsamında kullanılan *Pediococcus* suşları arasında nitrat redüktaz aktivitesinin yaygın olması bu suşların fermente et ürünlerinde starter kültür olarak kullanılmaları için bir avantajdır (Kasap ve Tuncer, 2019).

Pediococcus suşlarının antibakteriyel madde üretim yetenekleri nokta ekim yöntemi (van Belkum vd., 1989) kullanılarak 22 indikatör bakteriye karşı araştırılmıştır. *Pediococcus* suşlarının kullanılan Gram pozitif ve Gram negatif indikatör suşlara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları Çizelge 3'de verilmiştir. İzolatların indikatör bakteriler arasında *Pediococcus*, *Lactococcus* ve *Enterococcus* cinslerine ait suşlar ile *Listeria* ve *Staphylococcus* cinslerine ait patojen suşlara karşı inhibisyon aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. *Pediococcus* suşlarının Gram pozitif bakteriler yanında *S. Typhimurium* ATCC14028 ve *E. coli* LMG 3083 gibi Gram negatif bakterilere karşı da inhibisyon zonu vermesi dikkat çekici bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Ancak proteinaz K uygulaması sonucu *Pediococcus* suşları tarafından üretilen antibakteriyel maddelerin aktivite kaybına uğramaması, antibakteriyel maddelerin protein yapısında olmadığını kanıtı olarak değerlendirilmiştir. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar protein doğaları nedeniyle bakteriyosinlerin proteolitik enzimler ile muamele edildiklerinde kısmen veya tamamen aktivite

kaybına uğradığını göstermiştir (De Vuyst ve Vandamme, 1994; Tuncer vd., 2014; Gök Charyyev vd., 2019). Bu nedenle *Pediococcus* suşlarının indikatör bakterileri inhibe etmesinde rol oynayan antibakteriyel maddeler bakteriyosin olarak tanımlanamamıştır. *Pediococcus* cinsi bakteriler diğer LAB gibi bakteriyosinlerin yanında patojen ve bozulma etmeni mikroorganizmaların gelişmesini engelleyen organik asitler, H₂O₂, diasetil gibi bileşikler de üretme yeteneğindedir (Herreros vd., 2005). Yüksekdağ ve Aslım (2010), Türk tipi sucuklardan izole ettikleri *Pediococcus* suşlarının çeşitli patojen bakterilere karşı H₂O₂ üretmek suretiyle inhibisyon aktivitesi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bizim çalışmamızda elde edilen verilere benzer olarak pediokok suşlarının *L. monocytogenes* ATCC7644 suşuna karşı antibakteriyel etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışma kapsamında kullanılan *Pediococcus* suşları bakteriyosin üreticisi olarak tanımlanmamış olsalar da bu suşlar tarafından üretilen antibakteriyel maddelerin *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *E. coli*, *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* ve *B. cereus* gibi önemli gıda patojenlerini inhibe etmesi oldukça önemlidir. Antibakteriyel aktivite testlerinden elde edilen sonuçlar *Pediococcus* suşlarının fermente et ürünlerinin mikrobiyal güvenliğini arttırmak için starter kültür kombinasyonlarında yer alabileceklerini göstermiştir.

Çizelge 3. *Pediococcus* suşlarının indikatör bakterilere karşı inhibisyon zon çapları (mm)

Table 3. *Inhibitory zone diameters (mm) of Pediococcus strains against indicator bacteria*

Suş no Strain no	İndikatör bakteriler* Indicator bacteria*																					
	A	B	C	Ç	D	E	F	G	Ğ	H	I	İ	J	K	L	M	N	O	Ö	P	R	S
OBS2	4	5	4	4	4	13	8	12	20	12	8	10	16	8	2	4	18	6	18	16	13	8
OBS6	2	4	6	4	4	13	9	12	18	10	10	12	16	6	4	4	14	8	17	14	12	6
OBS7	2	4	8	4	4	10	10	16	18	14	10	10	18	6	6	4	16	6	18	15	13	6
OBS10	2	4	4	4	6	13	7	15	20	12	10	12	18	8	4	4	16	8	17	12	11	10
OBS16	2	2	1	6	2	11	6	9	10	4	6	2	16	4	10	4	10	8	7	6	5	10
OBS19	2	6	4	4	4	13	8	17	21	8	12	10	18	10	4	6	14	6	20	19	11	10
OBS21	2	5	1	4	4	15	9	18	20	12	8	10	16	6	6	4	14	10	17	16	12	10
OBS22	4	4	6	4	6	10	11	14	22	12	12	12	20	8	6	6	20	8	22	18	17	10
OBS27	2	6	4	4	4	9	9	14	19	14	12	12	20	8	6	6	12	6	20	18	11	6
OBS28	2	8	4	4	6	10	11	13	20	10	12	14	18	10	6	6	18	6	19	17	11	8
OBS30	3	6	6	4	6	9	10	13	18	18	10	10	14	14	4	6	14	8	18	22	11	6
OBS35	2	4	4	6	6	10	9	15	18	18	8	10	18	6	4	3	14	6	20	20	11	6
OBS36	2	4	6	3	4	12	11	14	19	12	8	8	22	6	6	6	10	6	21	17	12	10
OBS38	4	6	6	6	6	9	10	15	13	16	10	12	20	8	6	4	16	6	18	16	10	10
OBS40	4	4	4	4	6	17	8	15	20	10	10	10	20	10	6	4	10	8	21	17	13	8
OBS42	6	4	7	4	4	12	10	15	18	8	8	10	20	6	4	6	12	6	17	18	10	6

OBS44	6	4	8	4	4	14	13	11	20	10	10	11	20	8	8	6	10	8	21	20	13	6
OBS49	8	4	8	6	6	14	6	11	18	10	6	16	18	8	6	4	12	10	17	16	13	8
OBS51	4	6	6	4	6	11	10	14	16	12	8	10	16	7	6	8	10	8	19	16	12	6
OBS52	8	5	8	4	8	15	10	13	22	10	8	10	18	8	8	6	14	6	15	15	11	6
OBS53	2	6	6	6	6	12	10	15	19	10	8	12	18	10	6	10	12	8	22	19	11	8
OBS54	6	6	6	6	8	20	17	17	25	10	10	12	18	2	6	8	12	10	17	17	16	10
OBS55	4	4	8	6	6	12	12	21	20	10	10	8	20	4	4	4	14	10	17	18	14	8
OBS56	4	6	6	6	6	15	16	19	20	10	8	8	16	2	6	6	14	8	18	21	14	8
OBS57	3	6	8	6	6	14	11	18	20	12	12	8	18	4	6	2	12	10	19	20	14	12
OBS58	3	6	4	6	6	15	14	18	20	12	12	12	16	4	5	6	14	8	20	20	15	10
OBS59	2	8	14	6	6	14	15	17	18	10	10	12	20	4	4	4	10	10	17	18	14	10
OBS60	4	8	10	6	8	18	12	6	22	10	8	8	20	14	6	8	12	6	19	16	13	8
OBS61	4	6	8	12	10	14	17	6	20	8	10	10	16	10	8	8	14	8	19	18	12	10
OBS62	6	8	8	8	10	16	10	7	19	8	6	10	20	18	10	6	14	6	19	15	14	8
OBS63	2	6	6	4	6	16	9	7	20	10	10	12	16	8	6	4	14	6	20	14	11	6
OBS64	2	6	10	6	8	14	9	6	21	14	8	10	16	12	6	6	14	6	20	16	12	10
OBS65	2	6	4	6	8	13	10	7	20	10	10	10	14	8	8	8	14	6	20	19	11	10

*A: *L. plantarum* LMG2003, B: *L. lactis* subsp. *lactis* 1, C: *L. lactis* subsp. *lactis* 731, Ç: *L. lactis* subsp. *lactis* T1, D: *L. lactis* subsp. *lactis* 105, E: *L. innocua* LMG2813, F: *L. monocytogenes* ATCC15813, G: *L. monocytogenes* ATCC19115, Ğ: *L. monocytogenes* ATCC7644, H: *S. aureus* ATCC25923, I: *S. aureus* LMG3022, İ: *S. carnosus* LMG2709, J: *S. aureus* ATCC29213, K: *E. faecalis* ATCC29212, L: *E. faecalis* LMG2708, M: *E. faecalis* LMG2602, N: *B. cereus* ATCC10876, O: *B. cereus* LMG2732, Ö: *S. Enteridis* ATCC13076, P: *S. Typhimurium* ATCC14028, R: *E. coli* LMG3083 (ETEC), S: *P. pentosaceus* LMG2001.

SONUÇ

Bu çalışmada sucuktan izole edilmiş *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus* suşlarının fermente et ürünleri üretiminde starter kültür olarak kullanım potansiyelleri araştırılmıştır. *Pediococcus* suşlarının MRS broth ortamında hızlı asit ürettikleri, bir çoğunun nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğu ve Gram pozitif ve Gram negatif gıda patojenlerini inhibe ettiği belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular söz konusu suşların fermente et ürünleri üretiminde starter kültür kombinasyonlarında kullanım potansiyeli olduğunu göstermiştir. İleride yapılacak çalışmalar ile hızlı asit üreticisi, nitrat redüktaz aktivitesine sahip ve antibakteriyel madde üreten *Pediococcus* suşlarının sucuk üretiminde starter kültür olarak kullanımının test edilmesi gerekmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

BÖT, çalışma konusunu belirlemiş ve deneysel çalışma düzeneğini planlamıştır. BA ve BÖT deneysel çalışmaları gerçekleştirmiştir. BA makalenin taslağını oluşturmuş, BÖT danışman olarak makalenin nihai halini yazmıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 4202-YL1-14 nolu proje ile maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Adgüzel, G., Atasever, M. (2009). Phenotypic and genotypic characterization of lactic acid bacteria isolated from Turkish dry fermented sausage. *Rom Biotechnol Lett*, 14(1), 4130-4138.
- Aksu, M.İ., Kaya, M., Ockerman, H.W. (2005). Effect of modified atmosphere packaging, storage period and storage temperature on the residual nitrate of sliced-pastırma, dry meat product produced from fresh meat and frozen/thawed meat. *Food Chem*, 93, 237-242.
- Aymerich, T., Martín, B., Garriga, M., Hugas, M. (2003). Microbial quality and direct PCR identification of lactic acid bacteria and nonpathogenic Staphylococci from artisanal low-acid sausages. *Appl Environ Microbiol*, 69 (8), 4583-4594.
- Bhowmik, T., Marth, E.H. (1990). Role of *Micrococcus* and *Pediococcus* species in cheese ripening: a Review. *J Dairy Sci*, 73, 859-866.
- Bhowmik, T., Riesterer, R., van Boekel, M.A.J.S., Marth, E.H. (1990). Characteristics of low-fat

- Cheddar cheese made with added *Micrococcus* or *Pediococcus* species. *Milchwissenschaft*, 45, 230-235.
- Bozkurt, H. (2006). Investigation of the effect of sumac extract and BHT addition on the quality of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). *J Sci Food Agri*, 89, 849-856.
- Bradley, R.L., Arnold, 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 Product*, (Marshall, R.T. eds), American Public Health Association, Washington, DC, pp. 433-531.
- Buckenhüskes, H.J. (1993). Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as starter cultures for various food commodities. *FEMS Microbiol Rev*, 12 (1-3), 253-272.
- Casquete R., Benito, M.J., Martín, A., Ruizmoyano, S., Hernández, A. (2011). Effect of autochthonous starter cultures in the production of "salchichon", a traditional Iberian dry-fermented sausage, with different ripening processes LWT - *Food Sci Technol*, 44 (7), 1562-1571.
- Çon, A.H., Doğu, M., Gökalp, H.Y. (2002). Afyon'da büyük kapasiteli et işletmelerinde üretilen sucuk örneklerinin bazı mikrobiyolojik özelliklerinin periyodik olarak belirlenmesi. *Türk J Vet Animal Sci*, 26, 11-16.
- Çon, A.H., Gökalp, H.Y. (2000). Production of bacteriocin-like metabolites by lactic cultures isolated from sucuk samples. *Meat Sci*, 55, 89-96.
- De Vuyst, L., Vandamme, E.J. (1994). Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. Microbiology, Genetics and Applications. Chapman and Hall, New York. p539.
- Dinçer, E., Kıvanç M. (2018). Lipolytic activity of lactic acid bacteria isolated from Turkish pastırma. *Anadolu Univ J of Sci and Technology C- Life Sci and Biotech*, 7 (1), 12-19 DOI: 10.18036/aubtdc.
- Fadda, S., Sanz, Y., Vignolo, G., Aristoy, M., Oliver, G., Toldra, F. (1999). Hydrolysis of pork muscle sarcoplasmic proteins by *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sakei*. *Appl Environ Microbiol*, 65, 578-584.
- Fontana, C., Bassi, D., López, C., Pisacane, V., Otero, M.C., Puglisi, E., Vignolo, G. (2016). Microbial ecology involved in the ripening of naturally fermented lamla meat sausages. A focus on lactobacilli diversity. *Int J Food Microbiol*, 236, 17-25.
- Garcia-Varona, M., Santos, E.M., Jaime, I., Rovira, J. (2000). Characterisation of *Micrococcaceae* isolated from different varieties of chorizo. *Int J Food Microbiol*, 54, 189-95.
- Garvie, E.I. (1986). Genus *Pediococcus* Claussen 1903. Sneath, P. H. A., Mair N. S., Sharpe M. E., Holt J. G. (Ed), *Bergey's Manual of Systemic Bacteriology* Sneath, (1075-1079), The Williams & Wilkins Company, Baltimore, USA.
- Gök Charyyev, M., Özden Tuncer, B., Akpınar Kankaya, D., Tuncer, Y. (2019). Bacteriocinogenic properties and safety evaluation of *Enterococcus faecium* YT52 isolated from boza, a traditional cereal based fermented beverage. *J Consum Prot Food Saf*, 14 (1), 41-53
- Götterup, J., Olsen, K., Knöchel, S., Tjener, K., Stahnke, L.H., Møller, J.K.S. (2008). Colour formation in fermented sausages By meat-associated staphylococci with different nitrite and nitrate reductase activities. *Meat Sci*, 78, 492-501.
- Hammes, W.P., Bantleon, A., Min, S. (1990). Lactic acid bacteria in meat fermentation. *FEMS Microbiol Rev*, 87, 165-174.
- Hammes, W.P., Knauf, H.J. (1993). Starters in the processing of meat products. *Meat Sci*, 36, 155-168.
- Herrerros, M.A., Sandoval, H., Gonzalez, L., Csatro, J.M., Fresno, J.M., Tornadijo, M.E. (2005). Antimicrobial activity and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from Armada cheese (A Spanish Goats' Milk Cheese). *Food Microbiol*, 22, 455-459.
- Huang, H.Y., Huang, S.Y., Chen, P.Y., King, V.A.E., Lin, Y.P., Tsen, J.H. (2007). Basic characteristics of *Sporolactobacillus inulinus* BCRC 14647 for potential probiotic properties. *Curr Microbiol*, 54, 396-404.

- Hugas, M., Monfort, J.M. (1997). Bacterial starter cultures for meat fermentation. *Food Chem*, 59, 547-554.
- Inoğlu, Z.N., Tuncer, Y. (2013). Safety assessment of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* strains isolated from Turkish Tulum Cheese. *J Food Safety*, 33 (3), 369-377.
- Jini, W.R., Swapna, H.C., Amit Kumar, Rai, Vrinda, R., Halami, P.M., Sachindra N.M., Bhaskar N. (2011). Isolation and characterization of potential lactic acid bacteria from freshwater fish processing wastes for application in fermentative utilisation of fish processing. *Braz J Microbiol*, 42, 1516-1525.
- Kasap, M., Tuncer, Y. (2019). Fermente sucuktan izole edilen mundtisin KS üreticisi *Enterococcus mundtii* YB6.30 suşunun teknolojik özellikleri ve güvenlik değerlendirmesi. *Gıda*, 44 (5), 866-880.
- Klaenhammer, T. (1988). Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 70, 337-349.
- Koral, G., Tuncer, Y. (2014). Nisin Z-producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* GYL32 isolated from Boza. *J Food Process Preserv*, 38, 1044-1053.
- Kundakçı, A., Kayacier, A., Ergönül, B. (2007). Effect of starter culture and packaging on the chemical, microbiological and sensory quality of Turkish soudjouck (Sucuk). *Int J Food Prop*, 10, 537-547.
- Landeta, G., Curiel, J.A., Carrascosa, A.V., Munoz, R., de las Rivas, B. (2013). Technological and safety properties of lactic acid bacteria isolated from spanish dry-cured sausages. *Meat Sci*, 95, 272-280.
- Laranjo, M., Potes, M.E., Elias, M. (2019). Role of starter cultures on the safety of fermented meat products. *Front Microbiol*, 10, 853.
- Lücke, F.K. (2000). Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Sci*, 56(2), 105-115.
- Mejri, L., Hassouna, M. (2016). Characterization and selection of *Lactobacillus plantarum* species isolated from dry fermented sausage reformulated with camel meat and hump fat. *Appl Biol Chem*, 59(4), 533-542.
- Miralles, M.C., Flores, J., Perez-Martinez, G. (1996). Biochemical tests for the selection of *Staphylococcus* strains as potential meat starter cultures. *Food Microbiol*, 13, 227-236.
- Mora, D., Musacchio, F., Fortina, M.G., Senini, L., Manachini, P.L. (2003). Autolytic activity and pediocin-induced lysis in *Pediococcus acidilactici* and *Pediococcus pentosaceus* strains. *J Appl Microbiol*, 94, 561-570.
- Nychas, G.J.E., Arkoudelos, J.S. (1990). Staphylococci: their role in fermented sausages. *J Appl Bacteriol Symposium Supplement*, 167-188.
- Özkalp, B., Özden, B., Tuncer, Y., Şanlıbaba, P., Akçelik, M. (2007). Technological characterization of wild-type *Lactococcus lactis* strains isolated from raw milk and traditional fermented milk products in Turkey. *Dairy Sci Technol*, 87 (6), 521-534.
- Öztan, A. (2011). Et Bilimi ve Teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, 526, Ankara.
- Öztürk, İ., Sağdıç, O. (2014). Biodiversity of yeast mycobiota in “Sucuk,” a traditional Turkish fermented dry sausage: phenotypic and genotypic identification, functional and technological properties. *J Food Sci*, 11, 2315- 2322.
- Tanasupawat, S., Phoottosavako, M., Keeratipibul, S. (2015). Characterization and lipolytic activity of lactic acid bacteria isolated from Thai fermented meat. *J Appl Pharm Sci*, 5 (3), 6-12.
- Toldra, F., Sanz, Y., Lores, M. (2001). Meat fermentation technology. Hui YH (Ed) Meat science applications, 704p, New York.
- Tuncer, M., Özden Tuncer, B., Tuncer, Y. (2014). Çiğ süttten izole edilen enterosin B üreticisi *Enterococcus faecalis* MYE58 suşunun güvenlik değerlendirmesi. *Gıda*, 39 (5), 275-282.
- van Belkum, M. J., Hayema, B. J., Geis, A., Kok, J., Venema, G. (1989). Cloning of two bacteriocin genes from a lactococcal bacteriocin plasmid. *Appl Environ Microbiol*, 55(5), 1187-1191.
- Yaman, A., Gökalp, H.Y., Çon, A.H. (1998). Some characteristics of lactic acid bacteria present

in commercial sucuk samples. *Meat Sci*, 4, 387-397.

Yüceer, Ö., Özden Tuncer, B. (2015). Determination of antibiotic resistance and biogenic amine production of lactic acid bacteria isolated from fermented Turkish sausage (Sucuk). *J Food Safety*, 35, 276-285.

Yüksekdağ, Z.N., Aslim, B. (2010). Assessment of potential probiotic a starter properties of

Pediococcus spp. isolated from Turkish-Type fermented sausages (sucuk). *J Microbiol Biotechnol*, 20(1), 161-168.

Zeng, X., Zhang, W., Zhu, Q. (2016). Effect of starter cultures on the quality of suan yu, a Chinese traditional fermented freshwater fish. *Int J Food Sci Technol*, 51, 1774-1786.

FARKLI BOYUTLARDA KİNOA KEPEK UNU KULLANIMININ BİSKÜVİLERİN FİZİKSEL, DUYUSAL VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hakan Erinç*

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 18.08.2020; Kabul / Accepted: 20.10.2020; Online baskı / Published online: 06.11.2020

Erinç, H. (2020). Farklı boyutlarda kinoa kepek unu kullanımının bisküvilerin fiziksel, duyuusal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. *GIDA* (2020) 45(6)1121-1133 doi: 10.15237/gida.GD20098

Erinç, H. (2020). *The effect of different sized quinoa bran flour usage on the physical, sensory and textural properties of biscuits.* *GIDA* (2020) 45(6)1121-1133 doi: 10.15237/gida.GD20098

ÖZ

Kinoa, mükemmel besin değeri nedeniyle insan diyeti için oldukça önemlidir. Ancak, kinoa'nın teknolojik uygulamaları, glutensiz yapısı nedeniyle daha az ilgi görmüştür. Ayrıca kinoa yan ürünü olan kinoa kepeği esas olarak hayvan yemi olarak kullanılsa da insan sağlığı üzerinde olumlu etkisi olan potansiyel bir diyet lifi kaynağıdır. Bu çalışmada farklı boyutlarda kinoa kepek unu kullanımının bisküvilerin fiziksel, tekstürel ve duyuusal özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, kinoa kepekleri değirmende 5 farklı boyutta öğütülmüş ve buğday unundan yapılmış bisküvilere %25 oranında eklenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kinoa kepek ununun boyutları küçüldükçe örneklerin kuru madde oranı artış göstermiştir. Yine kepek unu boyutlarının küçülmesi ile bisküvilerin dış parlaklık değerlerinde artış gözlenmiştir. Bisküvilerin tekstür ve duyuusal özelliklerinde kinoa eklenmesi sonucunda azalış belirlenmiştir. Bu çalışma farklı boyutlardaki kinoa kepek unu ile zenginleştirilen bisküvilerin özelliklerinde meydana gelen değişimleri ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Kinoa, bisküvi, tekstürel özellikler, zenginleştirme

THE EFFECT OF DIFFERENT SIZED QUINOA BRAN FLOUR USAGE ON THE PHYSICAL, SENSORY AND TEXTURAL PROPERTIES OF BISCUITS

ABSTRACT

Quinoa is unique for a human diet due to its excellent nutritional value. However, technological applications of quinoa have received less attention because of its gluten-free nature. In addition, although quinoa bran which is by-product of quinoa flour is used mainly as animal feed, it is a potential source of dietary fiber that has a positive effect on human health. In this study, it was aimed to investigate the effects of quinoa bran flour with different particle sizes on physical, textural and sensory properties of biscuits. For this purpose, quinoa bran flours were milled to 5 different particle sizes and added to the wheat flour biscuit at a constant level (25% of wheat flour). According to the results, the dry matter contents of the samples increased as the particle size of the quinoa bran flour decreased. Similarly, an increase in the color values of the biscuit was observed depending on the bran particle size. The textural and sensory characteristics of biscuit samples were decreased. This study reveals the changes in the properties of biscuits enriched with different sized quinoa bran flour.

Keywords: Quinoa, biscuit, textural properties, enrichment

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hakanerinc@hotmail.com,

☎ (+90) 388 225 4005,

☎ (+90) 388 225 0112

Hakan Erinç; ORCID no: 0000-0001-8858-4570

GİRİŞ

Sağlıklı beslenmek isteyenler, diyet yapanlar, bazı gıdaları tüketmesi yasaklanan hastalar veya farklı tat arayışında olup, bununla birlikte sağlığından ödün vermeyen insanlar için günden güne farklı gıdalar ile karşılaşmaktadır. Son dönemler adından sıkça bahsedilen kinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) da bunlardan bir tanesidir. Kinoa yüksek besin içeriği sayesinde dünyanın her tarafından son dönemde dikkatleri üzerine çekmiş ve FAO tarafından kinoa'nın gelecek yüzyılda gıda güvencesinin sağlanmasına yönelik bitkilerden olduğu kabul edilmiştir (Koyun, 2013).

Ülkemizdeki birçok market raflarında yer alan kinoa ürünleri beslenmede önemli yeri olan protein, diyet lifi, esansiyel yağ asitleri, mineraller ve vitaminlerce zengin olmalarının yanı sıra iyi bir enerji kaynağı olmaları kinoa'yı yaygın olarak kullanılan tahıl çeşitlerinden farklı kılmaktadır. (Valencia-Chamorro, 2003; Alvarez-Jubete vd., 2009; Alvarez-Jubete vd., 2010).

Kinoa'nın mineral içeriği, diğer tahıllar gibi kepek tabakasında toplanmış olup diğer tahılların yaklaşık iki katı kadardır (Repo- Carrasco-Valencia ve Serna, 2011). Kinoa taneleri kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, demir, bakır, mangan ve çinko bakımından buğday, arpa ve mısırdan daha zengindir (Kozioł, 1992; Valencia-Chamorro, 2003). Kinoa kepeği bu önemli mineraller açısından zengin olduğu için besinsel açıktan kolaylıkla kapatılabilmektedir (Alvarez-Jubete vd., 2009; Alvarez-Jubete vd., 2010).

Kinoa taneleri oldukça yüksek miktarda biyoaktif bileşikler (polifenoller, saponinler flavonoidler ve fenolik asitler) özellikle kepek kısmında ihtiva etmektedir (Doğan ve Karwe, 2003; Alvarez-Jubete vd., 2010). Hemalatha vd. (2016) yapmış oldukları bir çalışmada kinoa kepeğinden elde edilen fenolik ekstraktların yüksek oranda antioksidan etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kinoa'nın sahip olduğu bu biyoaktif bileşenlerin kan ve kolesterol seviyelerini düşürdüğü, kanser hücrelerinin gelişimini engellediği, toksinleri yok ettiği, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve kalp hastalıklarını önlediği bilimsel olarak ortaya konmuştur (Guzman-Maldonado ve Paredes-Lopez, 1998).

Kinoa kepeğinin ihtiva ettiği diyet lifi (çözünür ve çözünmeyen diyet lifleri) ile tokluk/gastrik boşalma üzerine, kan şekeri kontrolü ve insülin metabolizması, protein glikozilasyonu kolesterol ve trigliserit metabolizmasında farklı fizyolojik etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Kinoa'dan izole edilen karbonhidratlar yararlı hipoglisemik etkilere sahip oldukları ve serbest yağ asitlerinin indirgenmesine neden oldukları için kinoa nutrasötik bir gıda kaynağı olarak düşünülebilir (James, 2009).

Bu nedenlerle sunulan bu çalışmada, yüksek lif ve mineral içeriğine sahip olan kinoa kepeği farklı boyutlarda öğütüldükten sonra bisküvi üretiminde un yerine kullanılmış olup, son ürünün fiziksel, tekstürel ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir.

Materyal

Kinoa kepeği, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi tarafından Niğde ilinde yetiştirilmekte olan kinoa'lardan temin edilmiştir. Hasat edilen kinoa'nın kepek kısmı belirli ön işlemlerden geçirildikten sonra öğütülerek bisküvi yapımında hammadde olarak kullanılmıştır. Bisküvi üretiminde kullanılan diğer bileşenler Niğde ilindeki yerel marketlerden satın alınmıştır.

Metot

Farklı Boyutlarda Kinoa Kepeği Eldesi

Kinoa kepeğinin öğütülme işlemleri 0-500 dev/dk hız aralığında çalışabilen Standart-01 model dikey pinli karıştırıcı değirmende (Union Process, ABD) gerçekleştirilmiştir. Öğütme haznesi (0.75 L) seramikten yapılmış olup ürünün ısınmaması için su ceketini ile donatılmıştır. Öğütme işleminde 4 mm çaplı yoğunluğu 3.6 g/cm³ olan alümina bilyeler kullanılmıştır. Kinoa kepeği karıştırıcı-bilyeli değirmende öğütüldükten sonra, eleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem sırasında 1.18 mm; 0.850 mm; 0.420 mm; 0.300 mm; 0.212 mm; 0.150 mm; 0.106 mm ve 0.075 mm'lik elekler kullanılmış olup sarsıntılı elek makinası (Endecotts-Octagon 200, İngiltere) yardımıyla farklı boyutlarda kinoa kepekleri elde edilmiştir. Eleme süresi (5 dk) sabit tutulmuştur.

Bisküvi Üretimi

Bisküvi üretiminde AACC Standart Metod 10-54 (Anonim, 2001) kullanılmış olup bisküvi formülasyonundaki un içeriği % 25 azaltılmış ve farklı tane boyutlarına sahip kinoa kepekleri eklenmiştir. Bu aşamada beş farklı parçacık

boyutlu kinoa kepeği kullanılmıştır: 300-420 µm (K1), 212-300 µm (K2), 150-212 µm (K3), 106-150 µm (K4) ve 75-106 µm (K5). Bisküvi üretiminde kullanılan malzemeler ve miktarları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Bisküvi örneklerinin kodları ve formülasyonlar

Table 1. Biscuit samples codes and formulations

İngrediyenler Ingredients	Kontrol Control	K1	K2	K3	K4	K5
Partikül Boyutu (µm) Particle size (µm)	-	300-420	212-300	150-212	106-150	75-106
Bisküvilik Un (g) Wheat flour (g)	80	60	60	60	60	60
Kinoa kepeği (g) Quinoa bran (g)	-	20	20	20	20	20
Bisküvilik yağ (g) Shortening (g)	32	32	32	32	32	32
Sodyum bikarbonat (g) Sodium bicarbonate (g)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pudra şekeri (g) Sugar powder (g)	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6
Tuz (g) Sodium chloride (g)	1	1	1	1	1	1
Süt tozu (g) Nonfat dry milk (g)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Su (mL) Water (mL)	18.6	25	25	25	25	25

Bisküvi Hamurunda Tekstürel Analizler

Bisküvi hamurlarının tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde TA.XTplus Texture Analyzer (İngiltere) cihazı kullanılmıştır. Hamurların yapışkanlık ve elastiklik değerleri ölçümleri 6 mm (P/6) silindirik prob kullanılarak 3.0 mm/saniye test hızında 20 mm derinliğe kadar yapılmıştır. Cam kap (8 cm çapında) içerisindeki hamur yüksekliği 5 cm olacak şekilde sabit tutulmuştur.

Bisküvilerde Yayılma Oranı

Bisküvi örneklerinin yayılma oranlarının hesaplanmasında AACC Method No 10.54 (Anonim, 2001) metodundan yararlanılmış ve bisküvi örneklerinin genişlik/kalınlık oranı yayılma oranı olarak hesaplanmıştır.

Bisküvilerde Renk Ölçümü

Çalışmada üretilen bisküvilerin renk ölçümleri Minolta CR-400 cihazı (Konica Minolta Sensing,

Osaka, Japonya) ile CIE lab standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Bisküvilerde Tekstürel Analizler

Bisküvi örneklerinin kırılmalık ve sertlik ölçümleri TA.XTplus Texture Analyzer cihazı kullanılarak yapılmıştır. HDP/3PB 3-Point Bending Rig probu kullanılarak yapılan ölçümlerde 0.5 mm/saniye test hızı kullanılmıştır. HDP/3PB 3-Point Bending Rig probunun açıklığı 6 cm olarak belirlenmiştir.

Duyusal Analiz

Farklı boyutlarda öğütülen kinoa kepeği ile üretilen bisküvilerinin duyu değerlendirmesi Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Gıda Mühendisliği öğretim elemanları ve öğrencilerinden oluşan 20 kişilik panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Analize

başlamadan önce panelistlere örnekler hakkında bilgi verilmiştir. Panelistler bisküvi örneklerini renk, tat, ağızda dağılılabirlik, koku, sertlik ve genel kabul edilebilirlik özelliklerine göre 5 puan üzerinden değerlendirmiştir. Örnekler arasında panelistlere su verilerek bir önceki örneğin etkisini ağızlarından kaldırmaları sağlanmıştır.

İstatistik Analiz

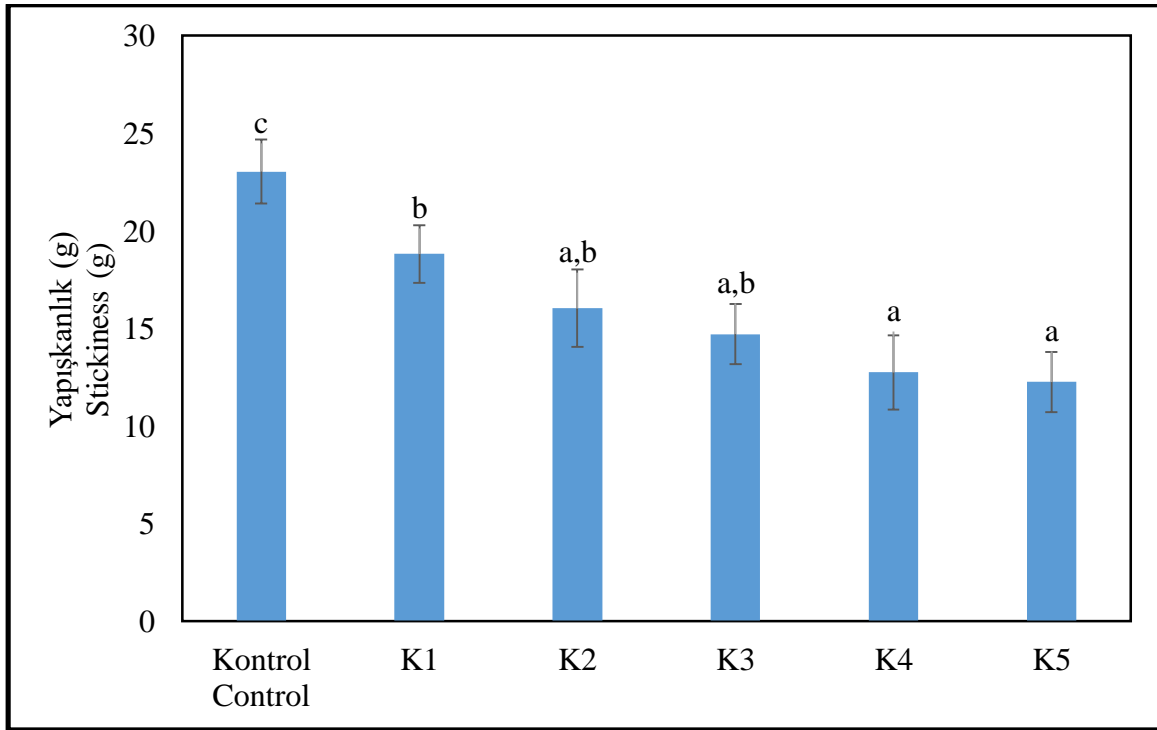
Yapılan analizler sonucu elde edilen veriler, SPSS 15.0 paket programı kullanılarak istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Varyans analizi tekniği ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki fark belirlenerek, bu farklılığın önem derecesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılarak incelenmiştir ($P < 0.05$).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bisküvi hamurunun tekstürel özellikleri

Hamurun yapışkanlığı pişirmeden önce şekil vermede ve pişirme esnasında da şekil bozukluğu

olmaması açısından önemli bir parametredir. Şekil 1’de görüldüğü üzere kinoa kepeğinin boyutu azaldıkça hamurdaki yapışkanlık orantılı olarak azalmıştır. En düşük yapışkanlık değeri (12.26 g) ise en küçük boyutta kinoa kepeği (75-106 mm) kullanılan K5 örneğinde belirlenmiştir. Hamurun elastikiyet özelliği pişirilmeden önce uzayabilme kapasitesi için önemli bir parametredir. Şekil 2’de görüldüğü üzere kontrol örneğine benzer ve en yüksek elastikiyet değeri (5.86 mm) en büyük boyutta kinoa kepeği kullanılan K1 örneğinde belirlenmiştir. Kinoa kepeğinin boyutu azaldıkça hamurdaki elastikiyet önemli derecede azalmıştır (Şekil 2). Ancak K3, K4 ve K5 örneklerinin elastikiyet değeri istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($P > 0.05$). Benzer sonuçlar bisküvi formülasyonunda farklı boyutlarda diyet lifi kullanılan bir doktora tez çalışması sonucunda da belirlenmiştir (Erinç, 2011).

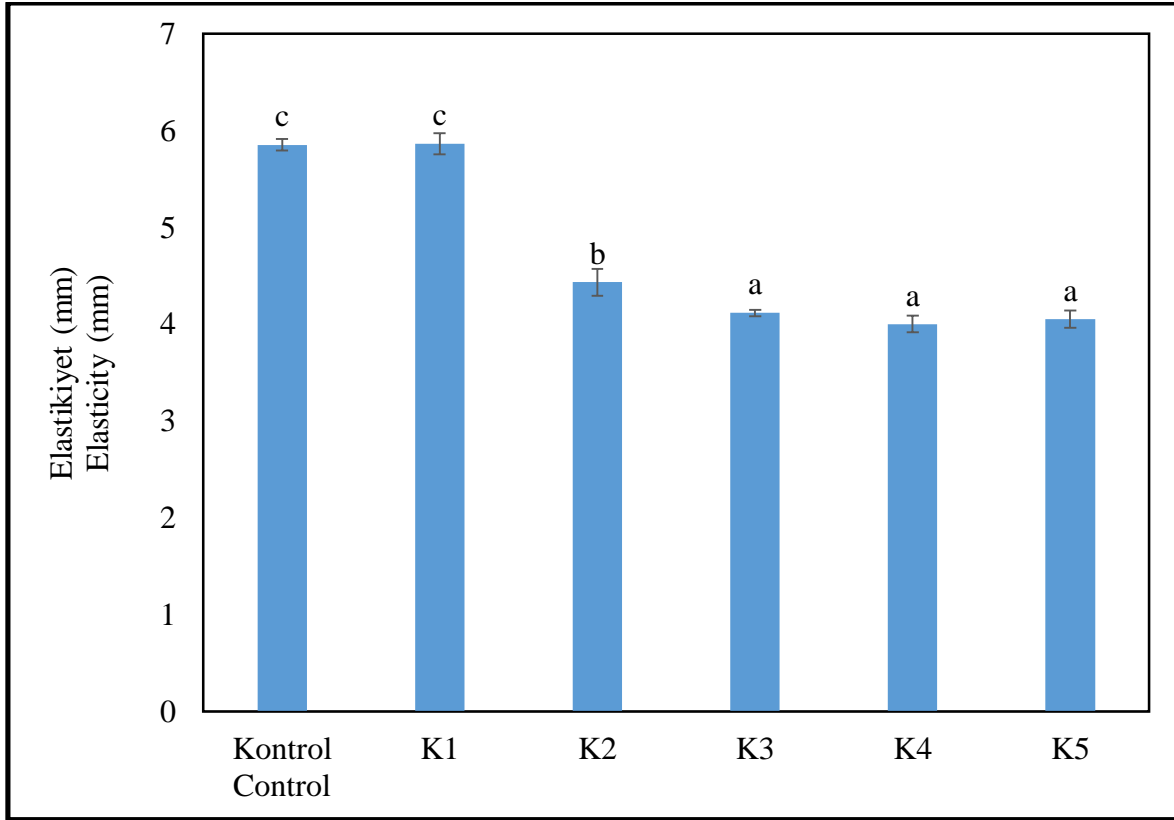


Şekil 1. Bisküvi hamurlarının yapışkanlık değerleri

Figure 1. Stickiness value of biscuit dough

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P < 0.05$)

a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P < 0.05$



Şekil 2. Bisküvi hamurlarının elastikiyet değerleri

Figure 2. Elasticity of biscuit dough

^{a,b,c,d} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

^{a,b,c,d} Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$

Renk

Gıdaların görünüş ve renk özellikleri gıda tüketilmeden önce tüketici beğenisini etkileyen ve gıda kalitesi hakkında bilgi veren önemli bir parametredir (Biernacka vd., 2017). Dış görünüş açısından yüzeyi en pürüzlü olan örnek en büyük boyutlu (300-420 μm) kinoa kepeği içeren K1 örneğidir. Bunun nedeninin kinoa kepeğinin boyutunun çok büyük olmasından kaynaklandığı varsayılmıştır (Şekil 3). Diğer örneklerin ise yüzeyi pürüzsüz olarak kabul edilmiştir.

Renk analizinde a^* değeri kırmızılığı (+) ve yeşilliği (-) göstermektedir. Üretilen bisküvilerdeki kinoa kepeği kullanımı ile kontrol örneğine göre a^* değerinde bir azalma gözlenmiştir. Diğer taraftan kinoa kepeğinin boyutu azaldıkça son ürünlerin kırmızılığı artmıştır (Şekil 4). Ancak elde edilen veriler a^* değerinde istatistiksel olarak bir fark olmadığını göstermektedir. Renk analizinde

belirlenen b^* değeri (+) sarılığı ve (-) maviliği göstermektedir. Analiz sonucunda belirlenen b^* değeri “+” olarak belirlenmiş olup ürünlerin sarımsı olduğu gözlenmiştir. Şekil 5’de görüldüğü üzere bisküvi örneklerinde bisküvi unu yerine kinoa kepeği kullanıldığında b^* değerinin azaldığı ancak kepeğin boyutunun azalması ile b^* değerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. L^* değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasındaki aydınlık derecesini ölçmektedir. Kinoa kepeğinin boyutuna bağlı olarak kontrol örneğine göre K3 örneğine kadar L^* değerinde artış, daha küçük boyutlu kinoa kepeği kullanımda ise kontrol örneğinden yüksek olmakla birlikte bir azalma gözlemlenmiştir (Şekil 6). Sunulan bu çalışma sonucunda farklı boyutlarda kinoa kepeği kullanılarak üretilen bisküvilerin L^* değeri 60-67 aralığında, a^* değeri 4.9-6.3 aralığında, b^* değeri ise 28.0-31.5 aralığında belirlenmiştir.

Alaşalvar vd. (2019), tarafından yapılan bir çalışmada, kinoa kepek ununun boyutlarının azalması ile kek örneklerinin iç L^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalma gözlenirken, a^* ve b^* değerlerinde artış gözlenmiştir. Ancak bu artışlar, L^* değeri için 106-150 μ , a ve b değerleri için 212-300 μ partikül boyutlarından sonra değişmemiştir. Alvarez-Jubete vd. (2009), kinoa ve diğer yalancı tahılların ekmeklerin kabuk

renginde önemli derecelerde koyulaşmaya (düşük L değeri) neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler ve literatür sonuçları göstermektedir ki zenginleştirme amacıyla bisküvilere ilave edilen materyallerin renk özellikleri, zenginleştirme amacıyla ilave edildikleri gıdanın da renk özelliklerini etkilemektedir.



Kontrol Control



K1



K2



K3



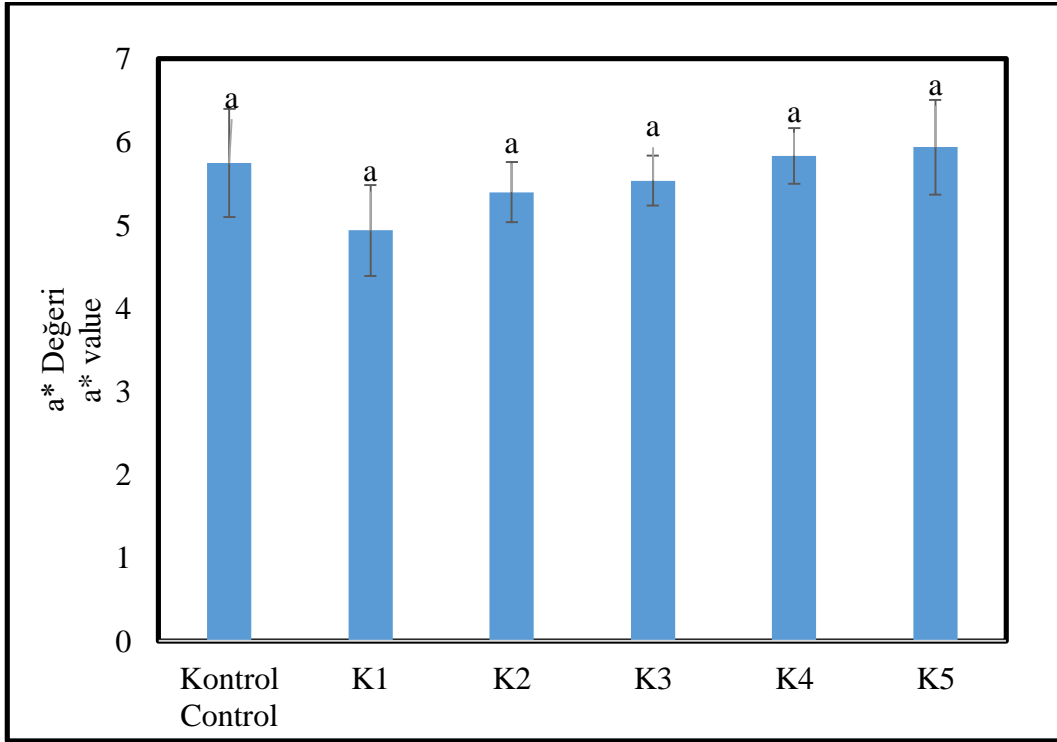
K4



K5

Şekil 3. Bisküvilerin fotoğrafları

Figure 3. Images of biscuits

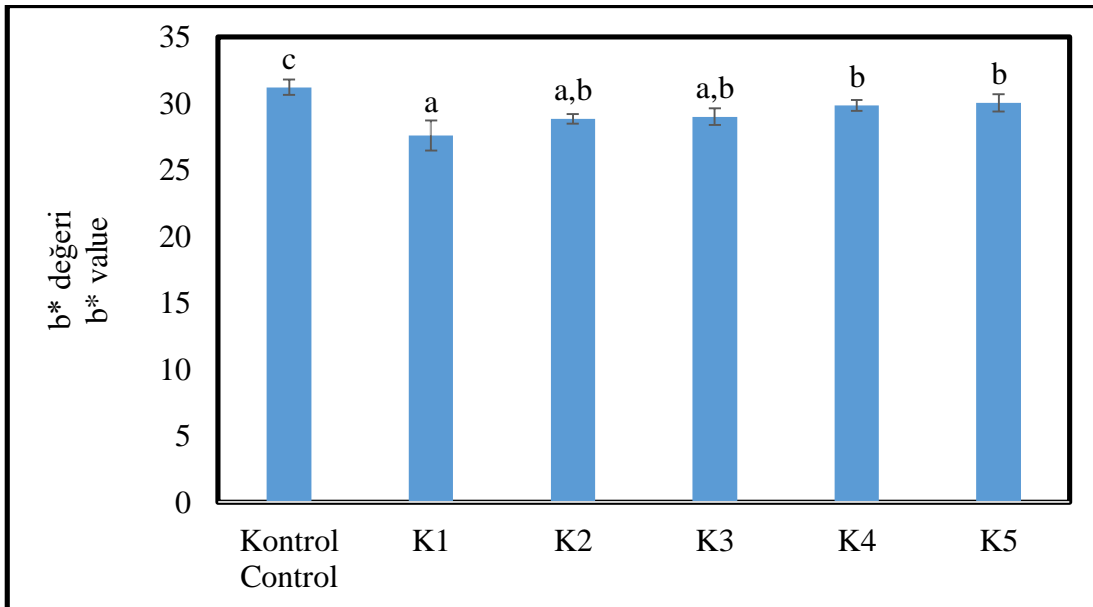


Şekil 4. Bisküvilerin a* değeri

Figure 4. a* value of biscuits

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$

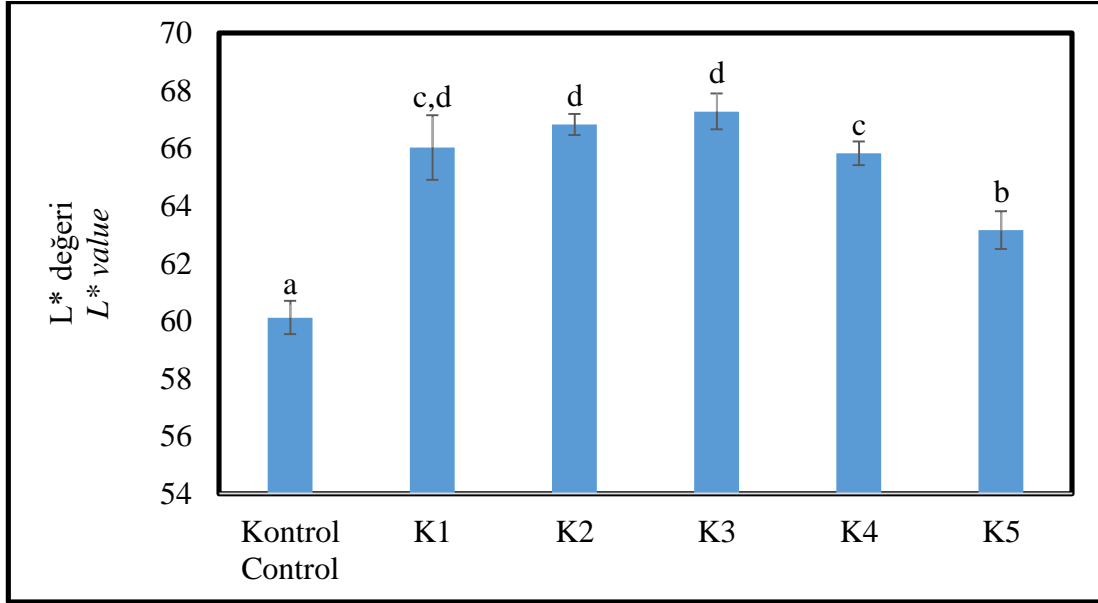


Şekil 5. Bisküvilerin b* değeri

Figure 5. b* value of biscuits

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$



Şekil 6. Bisküvilerin L* değeri

Figure 6. L* value of biscuits

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P < 0.05$)

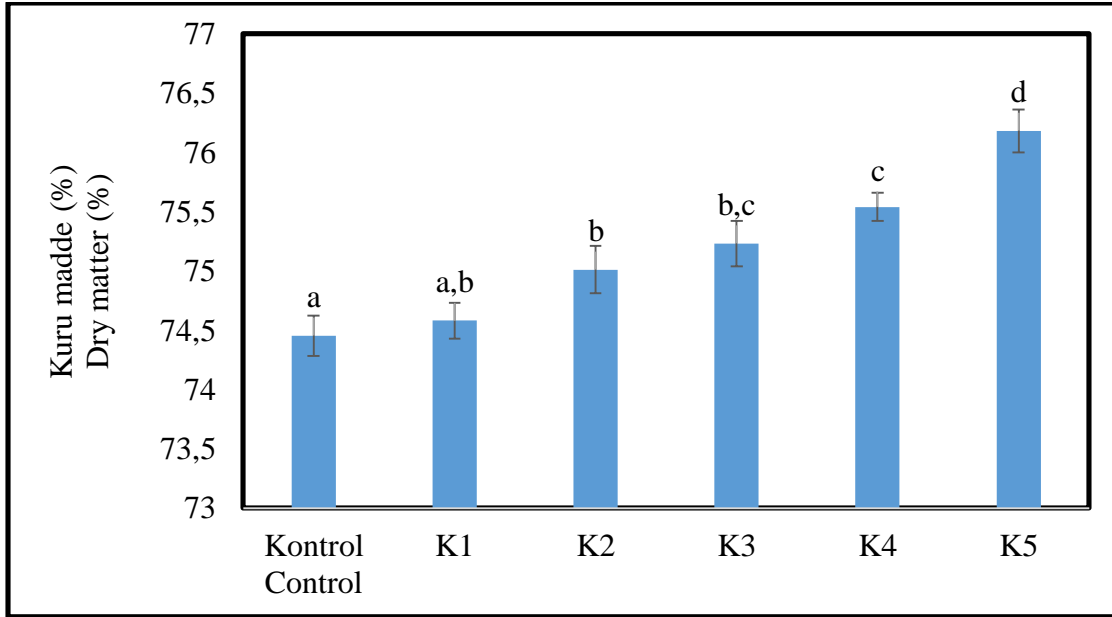
a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P < 0.05$

Kuru Madde Sonuçları

Kuru madde analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerine ilave edilen kinoa kepek ununun boyutlarının azalması ile örneklerin kuru madde içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir artış meydana gelmiştir ($P < 0.05$). İstatistiksel değerlendirme sonucunda en büyük boyutlu kinoa kepek unu içeren K1 formülasyonu kontrol örneği ile aynı kuru madde özelliklerini göstermiştir (Şekil 7). Benzer sonuçlar Alaşalvar vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışma sonucunda da rapor edilmiştir. Ancak Erinç (2011), yapmış olduğu çalışma sonucunda bisküvi formülasyonunda farklı boyutlarda diyet lifi kullanımı ile son ürünün kuru madde içeriğinin azaldığını belirlemiştir. Diğer taraftan Caperto vd. (2001), yaptıkları glutensiz spagetti tipi makarnada, kinoa kepeği unu eklenmesinin pişirme suyuna geçen kuru madde miktarında azalmaya ve ağırlığında ise artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bisküvilerin Sertlik ve Kırlabilirlik Özellikleri

Sertlik, bisküvinin ilk ısırışta dişe gösterdiği direnci ifade eder. Bisküvinin tat ile ilgili özelliklerinin ilk aşamasıdır. Bisküvinin dişe uyguladığı direncin çok veya az olması istenmez. Şekil 8'de görüldüğü üzere kontrol örneği ile kıyaslandığında bisküvi örneklerinin sertliğinin büyük boyutlu kinoa kepeği unu kullanımıyla azaldığı ancak boyutların azalmasıyla artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Erinç vd. (2018) tarafından yapılan çalışma sonucunda bisküvi örnekleri için ve Alaşalvar vd. (2019) tarafından yapılan çalışma sonucunda kek örneği için benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Alaşalvar vd. (2019), kinoa kepeği unu boyutlarına bağlı olarak kek örneklerinin sertliğinin %3.5-30.4 oranında arttığını rapor etmişlerdir. Farklı boyutlarda armut posası kullanılarak üretilen kekler üzerine yapılan bir çalışmada, armut posasının partikül boyutunun azalması ile keklerin sertliğinde artış olduğu rapor edilmiştir (Rocha-Parra vd., 2019).

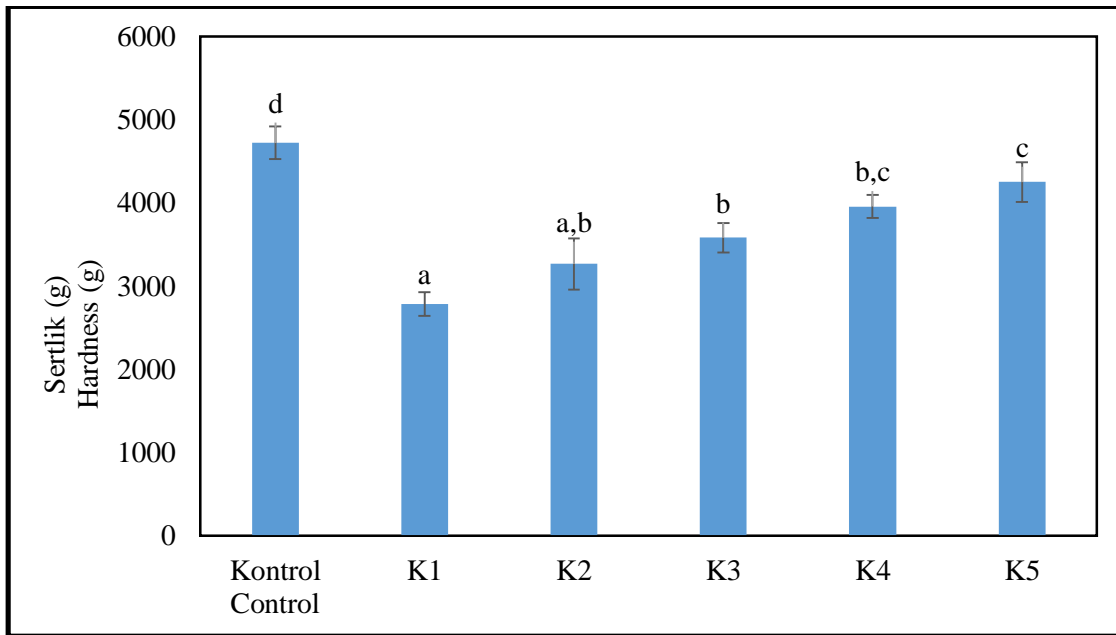


Şekil 7. Kuru madde içeriği

Figure 7. Dry matter content

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$



Şekil 8. Bisküvilerin sertlik değerleri

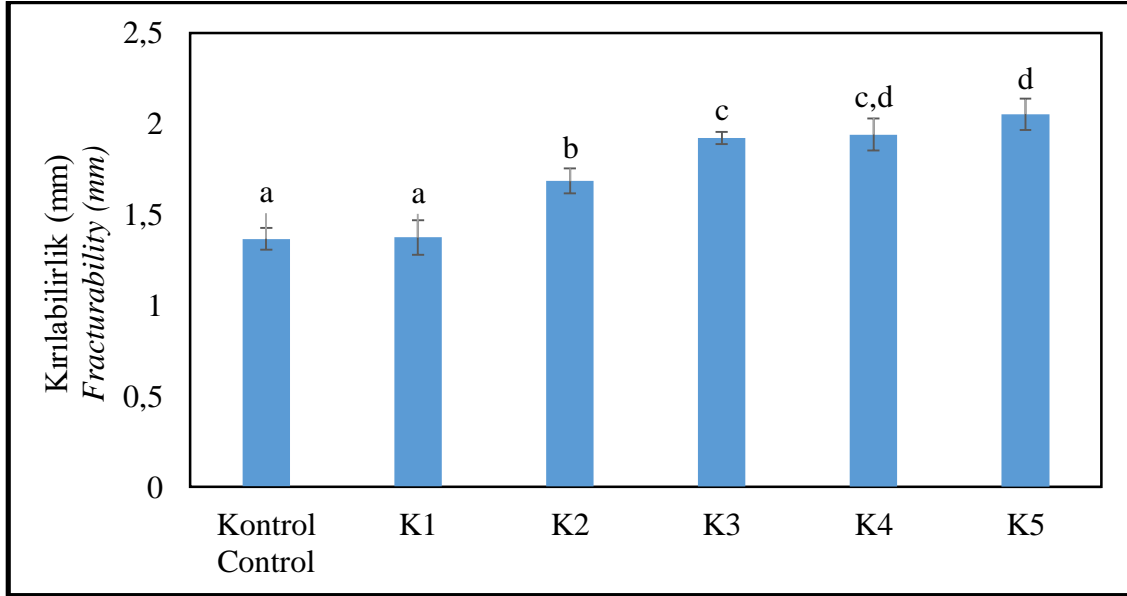
Figure 8. Hardness of biscuits

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$

Bisküvi ambalajlama ve nakliyyede kırılmayacak kadar dayanıklı ancak ısırma esnasında da dağılacak bir kırılabilirlikte olmalıdır. Elde edilen değerlerden görüldüğü üzere bisküvi örneklerinde kullanılan kinoa kepeğinin boyutu azaldıkça kırılabilirlik değeri (mm) artmış yani kırılma için gerekli mesafe arttığından daha esnek hale

gelmiştir (Şekil 9). Kırılma için gerekli mesafenin artması ürünün elastikiyetinin artması yani kırılabilirliğinin azalması anlamına gelmektedir. Benzer sonuçlar buğday kepeği lifi kullanılan Erinc vd. (2018) tarafından yapılan çalışma sonucunda da rapor edilmiştir.



Şekil 9. Bisküvilerin kırılabilirlik değerleri

Figure 9. Fracturability of biscuits

a,b,c,d Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

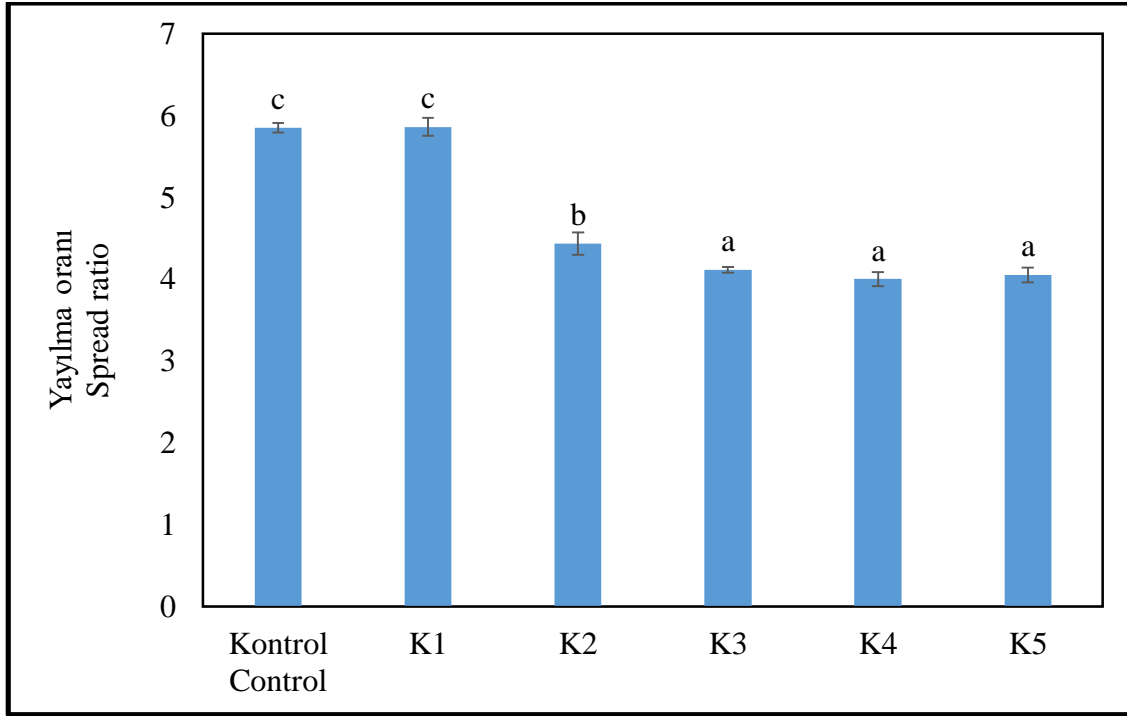
a,b,c,d Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$

Sunulan bu çalışma sonucunda kinoa kepekli bisküvi üretiminde yapılan kontrol bisküvisinin sertlik değeri 4720.23 g, kırılabilirlik değeri 1.37 mm, K1 bisküvi örneklerinin sertlik değeri 2781.06 g, kırılabilirlik değeri 1.37 mm, K2 bisküvi örneklerinin sertlik değeri 3263.52 g, kırılabilirlik değeri 1.69 mm, K3 bisküvi örneklerinin sertlik değeri 3578.41 g, kırılabilirlik değeri 1.92 mm, K4 bisküvi örneklerinin sertlik değeri 3954.68 g, kırılabilirlik değeri 1.94 mm, ve en küçük boyutlu kinoa kepeği içeren K5 bisküvi örneklerinin ise sertlik değeri 4249.48 g ve kırılabilirlik 2.05 mm olarak belirlenmiştir.

Yayımlama Oranı

Bisküvi örneklerinin genişlik/kalınlık oranları yayılma oranı olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre kontrol ve K1 örneğinden

sonra yayılma oranının azaldığı ve K3-K5 arasında sabit kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 10). Benzer sonuçlar Erinc vd. (2018) tarafından yapılan çalışma sonucunda ve Erinç (2011) tarafından da rapor edilmiştir. Kullanılan kepeğin boyutuna bağlı olarak bisküviyi yayılmaya karşı bir arada tuttuğu anlaşılmaktadır. Sunulan bu çalışma sonucunda kontrol bisküvisinin yayılma oranı 5.85, K1 bisküvi örneklerinin sert yayılma oranı 5.86, K2 bisküvi örneklerinin yayılma oranı 4.43, K3 bisküvi örneklerinin yayılma oranı 4.12, K4 bisküvi örneklerinin yayılma oranı 4.00, ve en küçük boyutlu kinoa kepeği içeren K5 bisküvi örneklerinin yayılma oranı ise 4.05 olarak belirlenmiştir.



Şekil 10. Bisküvilerin yayılma oranı

Figure 10. Spread ratio of biscuits

^{a,b,c,d} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

^{a,b,c,d} Different letters indicate significant differences between mean values at $P<0.05$

Duyusal Analiz Sonuçları

Bisküvi örneklerinin duyu analizi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Bisküvilerin tüm duyu özellikleri bakımından en beğenilen örnek kontrol örneği olmuştur. Kinoa kepek unu ilave edilen örneklerin rengi panelistler tarafından daha az beğenilmiş, ancak, farklı partikül boyutlarının renk üzerinde farklılık yaratmadığı görülmüştür ($P > 0.05$). Benzer durum tat, ağızda dağılımlılık ve koku özellikleri içinde görülmüştür. Ağızda dağılımlılık açısından en az beğenilen örnek 4.0 puanlı K5 örneği olmasına rağmen, istatistiksel olarak diğer partikül boyutlarından farklı olmadığı şeklinde değerlendirilmiştir. Duyusal analizde bisküvilerin sertliğinin kinoa kepek unu ilavesi ile arttığı bu nedenle beğenilmediği belirlenmiştir. Tekstürel sertlik ölçümünde sertlik değeri kontrole en yakın olan örnek K5 olmasına rağmen duyu analizde birbirinden en farklı puanı alan örnekler, kontrol ve K5 olmuştur. Bunun nedeni tam olarak açıklanamasa da duyu analizde örneğin ağıza alındıktan sonra tekrar tekrar

ısırılması nedeniyle tekstürel analizden farklı sonuç alındığı varsayılmıştır.

Bisküvi örnekleri genel beğeni puanları incelendiğinde en beğenilen örnek kontrol örneği, en az beğenilen ise K5 örneği olmuştur. Chlopicka vd. (2012), kinoa, karabuğday ve amarant unları kullanarak ekmekler yapmış ve ekmeklerin duyu özelliklerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, ekmeklerin renk ve konsistens özelliklerini, kullanılan yalancı tahıllar arasında en olumsuz etkileyen kinoa unu olmuş, panelistlerin %30’u kinoa unlu ekmeğin tat olarak kabul edilebileceğini, %15’i ise kabul edilemez olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, kinoa kepeği unu katılarak yapılan mısır unlu glutensiz spagetti makarnaların panelistlerin beğeni orta düzeyde bulunmuştur (Caperuto vd., 2001). Alaşalvar vd. (2019), kinoa kepeği katkılı keklerin genel beğeni özelliklerinin buğday unundan yapılan kekler göre olumsuz etkilendiğini rapor etmişlerdir. Kinoa kepek unu ve farklı boyutlarının kullanımı genel beğeni özelliklerini olumsuz bir şekilde etkilemiştir.

Çizelge 2. Farklı boyutlarda kinoa kepeği unu kullanılarak yapılan bisküvilerin duyuşal değerlendirme sonuçları

Table 2. Sensory evaluation results of biscuits made using quinoa brans of different size

Kalite Kriterleri	Kontrol Control	K1	K2	K3	K4	K5
Renk Color	4.8±0.2 ^a	4.2±0.5 ^a	4.2±0.3 ^a	4.2±0.5 ^a	4.2±0.5 ^a	4.3±0.5 ^a
Tat Taste	4.8±0.3 ^a	4.1±0.3 ^a	4.2±0.2 ^a	4.2±0.5 ^a	4.3±0.3 ^a	4.1±0.5 ^a
Ağızda Dağılılabirlik Dispersibility in mouth	4.5±0.2 ^a	4.1±0.3 ^a	4.1±0.5 ^a	4.1±0.5 ^a	4.1±0.5 ^a	4.0±0.5 ^a
Koku Smell	4.5±0.2 ^a	4.5±0.2 ^a	4.7±0.5 ^a	4.4±0.5 ^a	4.5±0.5 ^a	4.2±0.5 ^a
Sertlik Hardness	4.5±0.5 ^b	4.0±0.2 ^b	4.1±0.5 ^b	4.3±0.5 ^b	4.1±0.5 ^b	2.3±0.5 ^a
Genel kabul edilebilirlik General acceptability	4.8±0.5 ^b	4.0±0.5 ^b	4.4±0.5 ^b	4.2±0.5 ^b	4.3±0.5 ^b	2.1±0.5 ^a

^{a,b,c,d} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır ($P<0.05$)

^{a,b,c,d} Different letters in the same rows indicate significant differences between mean values at $P<0.05$

SONUÇ

Bu çalışmada farklı boyutlarda kinoa kepeği kullanılarak, laboratuvar ortamında bisküvi üretimi yapılmış ve farklı boyutlarda kinoa kepeğinin bisküvilerin fiziksel, tekstürel ve duyuşal özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, kinoa kepek unu boyutuna bağlı olarak bisküvilerin karakteristiklerinde önemli değişimler meydana getirmektedir. Çalışma sonucunda kinoa kepeğinin sağlıklı beslenen bireyler için yeni bir alternatif hammadde olarak bisküvi üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Kinoa kepekli ürün tüketiminin artması, ihtiyaç duyulması ile kinoaın ülke genelinde üretimi ve tüketiminin artması da beklenmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

KAYNAKLAR

Alaşalvar, H., Erinç, H., Çolakoğlu, A.S. (2019). Farklı boyutlarda kinoa kepek unu kullanımının keklerin fiziksel, duyuşal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22:139-145.

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition

of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(4): 240-257.

Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E.K., Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119(2):770-778.

Anonim (2001). Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Biernacka, B., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R., Siastala, M. (2017). Physical, sensorial, and antioxidant properties of common wheat pasta enriched with carob fiber. *LWT – Food Science and Technology*, 77:186-192.

Caperuto, L. C., Amaya-Farfan, J., Camargo, C.R.O. (2001). Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81:95-101.

Chlopicka, J., Pasko, Gorinstein, S., Jedryas, A., Zagrodzka, P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT – Food Science and Technology*, 46, 548-555.

- Doğan, H., Karwe, M.V. (2003). Physicochemical properties of quinoa extrudates. *Food Science and Technology International*, 9(2):101-114.
- Erinc, H., Mert, B., Tekin, A. (2018). Different sized wheat bran fibers as fat mimetic in biscuits: its effects on dough rheology and biscuit quality, *J Food Sci Technol*, 55(10):3960–3970.
- Erinç, H. (2011). Bitkisel artıklardan farklı boyutlarda lif üretimi ve düşük yağlı ürünlerde kullanımı. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Guzman-Maldonado, S.H., Paredes-Lopez, O. (1998). Functional products of plants indigenous to Latin America: Amaranth, quinoa, common beans and botanicals. *Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects*. Lancaster: Technomic Publishing Company.
- Hemalatha, P., Bomzan, D.P., Rao, B.S., Sreerama, Y.N. (2016). Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase activities. *Food Chemistry*, 199:330-338.
- James, L.E.A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58:1-31.
- Koyun S. (2013). Güvenli Gıda: QUİNOA (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Mesleki Bilimler Dergisi*, 2(2):85-88.
- Koziol, M.J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1): 35-68.
- Repo-Carrasco-Valencia, R.A.M., Serna, L.A. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa, Willd.*) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(1):225-230.
- Rocha-Parra, A. F., Belorio, M., Ribotta, P. D., Ferrero, C., Gómez, M. (2019). Effect of the particle size of pear pomace on the quality of enriched layer and sponge cakes. *International Journal of Food Science & Technology*, 54: 1265– 1275.
- Valencia-Chamorro S.A. (2003). Quinoa. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Amsterdam: Academic Press.



MODELING FOAM-MAT DRYING CHARACTERISTICS OF BANANA UNDER MICROWAVE CONDITIONS

Ayşe Nur Yüksel*

Alanya HEP University, Faculty of Art and Design, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Antalya, Turkey

Received / Geliş: 05.07.2020; Accepted / Kabul: 08.10.2020; Published online / Online baskı: 06.11.2020

Yüksel, A.N. (2020). Modeling foam-mat drying characteristics of banana under microwave conditions. GIDA (2020) 45(6) 1134-1142 doi: 10.15237/gida.GD20088.

Yüksel, A.N. (2020). Mikrodalga koşullarında muzun köpük kurutma özelliklerinin modellenmesi. GIDA (2020) 45(6) 1134-1142 doi: 10.15237/gida.GD20088.

ABSTRACT

In this study, it was aimed to dry banana using microwave-assisted foam-mat drying and to identify the drying behavior. Foam-mat drying of banana foam was made using a microwave oven at output power of 100, 180, 300, 450 and 600 W. Effective moisture diffusivities were obtained in the range of 5.9536×10^{-9} and $3.5692 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Activation energy was determined as 10.80 W g^{-1} of microwave dried banana foam. Besides, to find the best model to experimental moisture ratio values, thin layer models of Page, Wang and Singh, Midilli and others, Silva and others, two-term and Peleg were applied. As a result, Midilli and others' model gave a better fit than others with highest value of R^2 , lowest values of RMSE, RSS and χ^2 .

Keywords: microwave drying, foam-mat drying, banana, modeling, drying kinetic, activation energy

MİKRODALGA KOŞULLARINDA MUZUN KÖPÜK KURUTMA ÖZELLİKLERİNİN MODELLENMESİ

ÖZ

Bu çalışmada, muzun mikrodalga destekli köpük kurutma ile kurutulması ve kurutma davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır. Muz köpüğü, 100, 180, 300, 450 ve 600 W mikrodalga güçlerinde köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Aktif nem difüzyon katsayıları, 5.9536×10^{-9} ve $3.5692 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ aralığında bulunmuştur. Mikrodalga ile kurutulan muz köpüğünün aktivasyon enerjisi 10.80 W g^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında, deneysel nem oranı datalarına en iyi uyan modeli bulabilmek için, ince tabaka kurutma modelleri; Page, Wang ve Singh, Midilli ve diğerleri, Silva ve diğerleri, two-term ve Peleg, uygulanmıştır. Sonuç olarak, Midilli ve diğerleri modeli en yüksek R^2 , en düşük RMSE, RSS and χ^2 değerleri ile diğer modellere göre daha iyi uyum sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: mikrodalga kurutma, köpük kurutma, muz, modelleme, kurutma kinetiği, aktivasyon enerjisi

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: yukselaysenur88@gmail.com,

☎: (+90) 555 674 7504

☎: (+90) 242 513 6966

Ayşe Nur Yüksel; ORCID no: 0000-0002-6828-1190

INTRODUCTION

Banana is a fruit that rapidly deteriorating after harvesting. Therefore, preservation methods could be applied to conserve its quality and nutritional value over a longer period of time (Falade and Okocha, 2012). The common method for preservation of foods is air drying. The quality properties such as color, rehydration ratio and texture are usually lower when compared to original material (Ratti, 2001). With air drying method, drying time is usually longer, thus, food materials expose high amount of heat. To overcome this exposure, drying time should be reduced by using other techniques. Drying with microwave ovens is faster and more energy-efficient than hot-air drying methods because of the ability of microwave to produce energy from internal molecular friction.

Foam-mat drying is a drying method that liquid foods are whipped into foams which are more stable. This technique is an inexpensive and simple method and has several advantages such as shorter drying times and lower drying temperatures due to increased surface area to contact with air and obtain rehydratable porous material. Nutritional, quality and sensory properties of food products are also maintained by this method. Foam-mat drying was successfully applied to some fruits: banana (Noordia et al., 2020; Prakotmak et al., 2011; Sankat and Castaigne, 2004), mango (Guimaraes et al., 2017; Lobo et al., 2017), uvaia (Branco et al., 2016), guava (Maciel et al., 2017) and apple juice (Raharitsifa et al., 2006). Dried food materials can be consumed or added as ingredients in baked goods, yogurts, desserts, ice creams, smoothies etc. (Guimaraes et al., 2017).

In this study, it is aimed to determine drying kinetics of banana foam under microwave conditions due to the need of knowledge of drying behavior in design, construction and optimization of drying systems. In addition, foam-mat drying method was also used and assisted with microwave and mathematical modeling was made to identify the drying behavior of banana foams. This drying method

can be called as microwave-assisted foam-mat drying.

MATERIALS AND METHODS

Foaming process

Fully ripened (yellow) but firm bananas of the Cavendish variety and fresh eggs which were obtained from local market used in the drying processes. Bananas were cut into small pieces and pureed by home type kitchen blender (Harmony 550, Fakir Hausgerate, Germany, power consumption: 550 W) for 1 min at maximum speed. Then, 200 g of puree was put into mixing bowl and fresh egg albumin, which is used as a foaming agent, was added at 5 % (weight/weight, w/w, on a wet puree basis). Banana foam was obtained by mixing with a home type mixer (Harmony 550, Fakir Hausgerate, Germany, power consumption: 550 W) for 3 min at maximum speed.

Drying procedure

The drying process was performed by a domestic microwave oven (GW73E, Samsung, South Korea) at power intensities of 100, 180, 300, 450 and 600W. The total amount of banana foam was 20.00 ± 0.20 g for each drying experiment. Samples were placed flat as a slab 11 cm (diameter) x 0.2 cm (thickness) so drying occurred from one side. Banana foam was removed periodically (30s intervals) from the microwave oven and weighed (Radwag PS 6000.R1, Polonya). All experiments were completed when the change in the mass of the samples dropped to 0.01 (g) between the two measurements.

Mathematical modeling of drying data

The moisture ratio (MR) was calculated as $(m_t - m_e)/(m_i - m_e)$ where m_t was the moisture content at the time t , m_i and m_e were the initial and equilibrium moisture content (g g^{-1} dry solid), respectively. Drying rate (R) was calculated as $(-L_s/A) * ((X_{t+1} - X_t)/(t_{t+1} - t_t))$ where R was the drying rate ($\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$); L_s was the weight of dry solid (g); A was the drying area (m^2); X_t was the moisture content at specific time (g g^{-1} dry solid) and t was time (s).

Six thin-layer drying models: Page (Togrul and Pehlivan, 2003; Vega-Galvez et al., 2010), Midilli and others (Midilli et al., 2002), Two-term, Silva and others (Onwude et al., 2016), Wang and Singh

(Omolola et al., 2014; Vega-Galvez et al., 2010) and Peleg (da Silva et al., 2015) were used to fit the experimental data (Table 1).

Table 1. Thin-layer drying models

Model Name	Model	Reference
Page	$MR = \exp(-k \cdot t^n)$	Togrul and Pehlivan (2003); Vega-Galvez et al. (2010)
Midilli and others	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli et al. (2002)
Silva and others	$MR = \exp(-a \cdot t - b \sqrt{t})$	Onwude et al. (2016)
Wang and Singh	$MR = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$	Omolola et al. (2014); Vega-Galvez et al. (2010)
Two-term	$MR = a \cdot \exp(-k_1 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_2 \cdot t)$	Onwude et al. (2016)
Peleg	$MR = 1 - t / (a + bt)$	da Silva et al. (2015)

k is the drying constant, a , b and n are the parameters.

Drying models were fitted to the experimental drying data and the equation parameters were determined using regression analysis by using SigmaPlot software (Systat Software Inc., USA). The goodness of fit of each model were evaluated according to the four criteria; correlation coefficient (R^2), the reduced chi-square (χ^2) (Eq. (1)), root mean square error (RMSE) (Eq. (2)) and residual sum of squares (RSS) (Eq. (3)) (McMinn, 2006):

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pred,i})^2} \quad (2)$$

$$RSS = \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pred,i})^2 \quad (3)$$

where $MR_{exp,i}$ is the experimental moisture ratio; $MR_{pred,i}$ is the predicted moisture ratio; N is the number of experimental data points and n_p is the number of parameters in model.

Estimation of effective moisture diffusivities and activation energy

The effective moisture diffusivities were calculated by Eq. (4) with Fick’s second law for long drying times and infinite slab geometry in

one dimension. Assumptions were applied: volume change was negligible; temperature and diffusion coefficients were constant during drying and mass transfer formed in diffusion (Chayjan and Kaveh, 2014; Crank, 1975).

$$MR = \frac{8}{\pi} \exp\left(\frac{-D_{eff} \pi^2 t}{4 \cdot L^2}\right) \quad (4)$$

where D_{eff} is the diffusion coefficient ($m^2 s^{-1}$); t is the drying time (s) and L is the half thickness of sample (m).

The Arrhenius equation (E_a) was used in modified form to illustrate the relationship between the microwave power intensity with sample amount for estimation of the activation energy (Dadali et al., 2007). Where P is microwave output power (W) and m is the mass of raw sample (g) (Eq. (5)).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a m}{P}\right) \quad (5)$$

RESULTS AND DISCUSSIONS

Drying kinetics

To investigate the effects of microwave power intensity on moisture ratio, drying rate and drying time, five different microwave power intensity were used to dry banana foam. The drying curves

were obtained by plotting the moisture ratio versus drying time shown on Figure 1. It can be seen that as the microwave power level was increased, the drying time of samples was reduced. Drying time was reduced 87.23 % when power intensity increased from 100 to 600W. The drying times and the average drying rates of banana foam were 1410, 720, 390, 240 and 180 s and 1.05, 2.10, 3.92, 6.54 and 8.69 g m⁻² s⁻¹ for 100, 180, 300, 450 and 600W, respectively. Consequently, heat and mass transfers of banana foam were getting faster with increasing power intensity due to the increasing water removal from sample. The drying rate curves of five microwave power intensities had similar trends as it can be seen in Figure 2 and 3. Drying rate was increased 727.62% when increasing power intensity from 100 to 600W. Similar findings were reported by several authors for other foods as foam-mat drying of guava pulp (Qadri and Srivastava, 2017), blue honeysuckle berry (Sun et al., 2020) and papaya (Qadri et al., 2020). The experimental results indicate that there was no constant rate period and drying of banana foam occurred only at falling rate period with internal liquid diffusion.

Effective moisture diffusivities were calculated by using slope method. Hence, the plot of natural logarithm of moisture ratio (lnMR) versus time (t) was drawn. The effective moisture diffusivities were found between 5.9536×10^{-9} and 3.5692×10^{-8} m² s⁻¹ (Table 2.). These values are in agreement with the range of effective moisture diffusivity values of foods (Chayjan et al., 2015; Madamba et al., 1996). In the study of Prakotmak et al. (2010), verification was made for moisture diffusion coefficient in banana foam pores which it was in order of 10⁻⁹ m² s⁻¹ after use of stochastic pore network in foam densities of 0.21 and 0.26 g cm⁻³. An increase in microwave power intensity resulted in an increase in effective moisture diffusivity. Similar findings were reported by other authors for foam-mat drying of uvaia pulp (Branco et al., 2016), potato (Chakraborty et al., 2017), banana (Thuwapanichayanan et al., 2008) and cantaloupe (Salahi et al., 2015). The differences in the effective moisture values during drying differs from some factors including physicochemical properties, drying method and conditions, initial and final moisture contents.

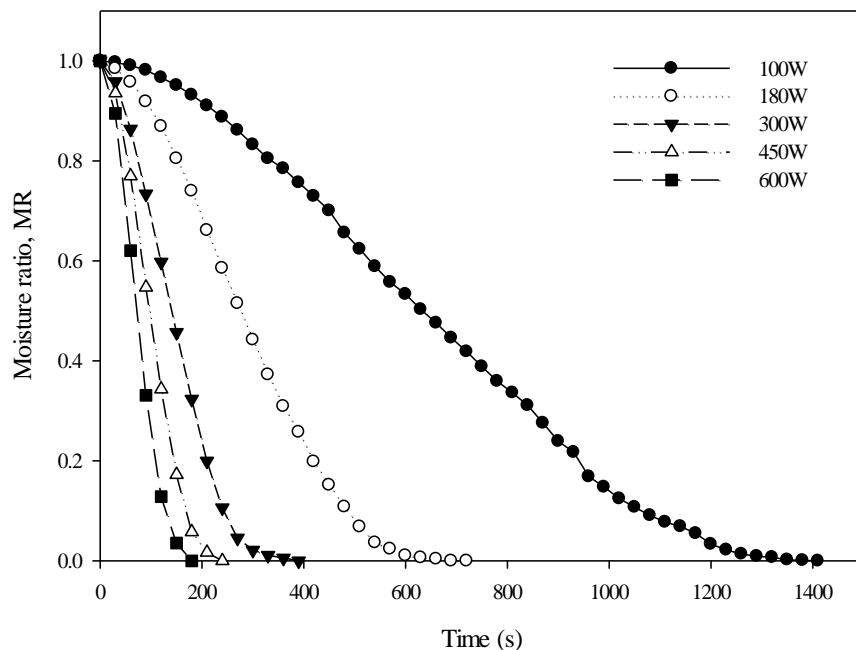


Figure 1. Drying curves of banana foam

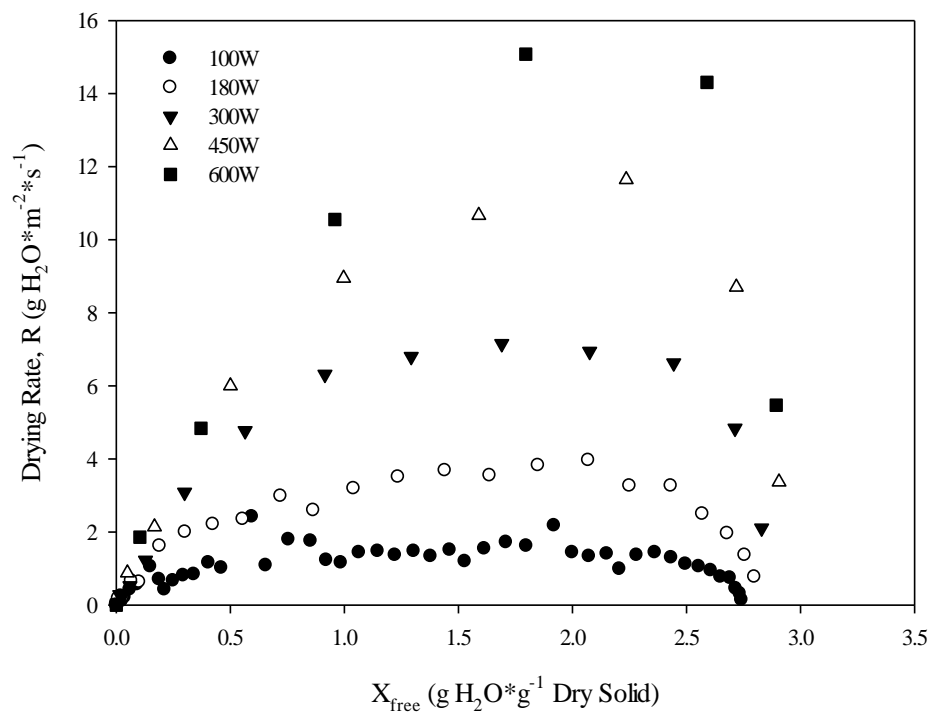


Figure 2. Drying rate of banana foam against free moisture content

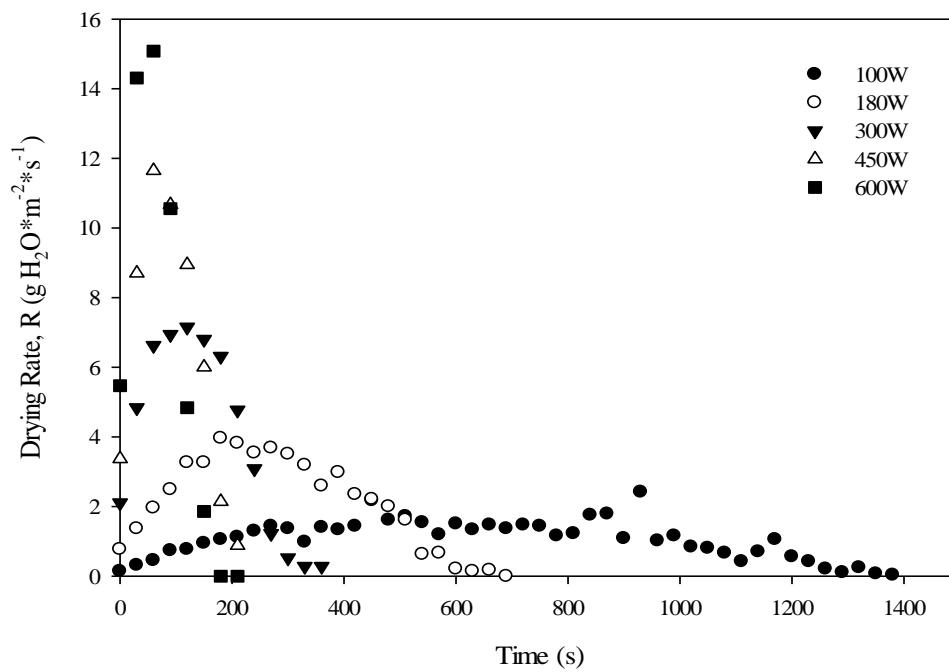


Figure 3. Drying rate of banana foam against time

Table 2. Effective moisture diffusivities and activation energy of banana-foam

Power intensity	Effective Diffusivity ($m^2 s^{-1}$)	Activation Energy (E_a)
100 W	5.9536×10^{-9}	10.80 W/g
180 W	1.2834×10^{-8}	
300 W	2.4044×10^{-8}	
450 W	3.0566×10^{-8}	
600 W	3.5692×10^{-8}	

Activation energy is defined as the energy needed to begin the diffusion of moisture from the internal regions of the material. In this study, temperature of the drying could not be measured because it was a standard microwave oven used in the drying process. Therefore, the modified Arrhenius equation was used to estimate activation energy of banana foam which indicates the relation between microwave power intensity to sample amount. E_a value of foam-mat drying of banana was estimated as $10.80 W g^{-1}$ which was similar to value of microwave dried spinach ($10.84 W g^{-1}$) (Dadali et al., 2007), microwave dried purslane (Demirhan and Ozbek, 2010a) and basil (Demirhan and Ozbek, 2010b).

Model application

Six thin-layer drying models were applied to find the best fitted model to experimental data. The best model describing the thin layer drying characteristics of banana foam was chosen as the one with the highest correlation coefficient (R^2)

and the lowest the reduced chi-square (χ^2), root mean square error (RMSE) and residual sum of squares (RSS). The model parameters of thin-layer models fitted to experimental data and statistical results are given in Table 3. R^2 values are generally higher than 0.90. The lowest R^2 values were obtained in two-term model. Both Page and Midilli and others' model might be selected to represent the thin layer drying behavior of banana foam. However, RMSE, RSS and χ^2 values of Midilli and others model were slightly lower than Page model. Therefore, Midilli and others model was chosen as best fitted model to represent the foam-mat drying behavior of banana. Midilli and others' model was also found as the best model to describe the oven drying of sliced lemons (Torki-Harchegani et al., 2016), eggplants (Ertekin and Yaldiz, 2004), microwave drying of purslane (Demirhan and Ozbek, 2010a) and microwave-convective drying of hawthorn fruit (Chayjan et al., 2015).

Table 3. Model parameters and statistical results

Model Name	Microwave Power Intensity					
	100W	180W	300 W	450 W	600W	
Page	R^2	0.9963	0.9988	0.9989	0.9995	0.9999
	χ^2	0.0005	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
	RMSE	0.0214	0.0124	0.0122	0.0086	0.0035
	RSS	0.0219	0.0039	0.0021	0.0007	0.0001
	k	9.2954×10^{-7}	7.0134×10^{-6}	3.0432×10^{-5}	4.1952×10^{-5}	8.3319×10^{-5}
	n	2.1014	2.0495	2.0359	2.1269	2.1118
Two-term	R^2	0.9201	0.9295	0.9310	0.9181	0.9194
	χ^2	0.0107	0.0110	0.0131	0.0209	0.0274
	RMSE	0.0992	0.0962	0.0968	0.1078	0.1083
	RSS	0.4721	0.2315	0.1313	0.1046	0.0821
	a	0.6063	0.5991	0.5805	0.5688	0.5556
	b	0.6063	0.5991	0.5805	0.5688	0.5556
	k_1	1.6494×10^{-3}	3.7680×10^{-3}	7.2905×10^{-3}	0.0102	0.0134
	k_2	1.6494×10^{-3}	3.7680×10^{-3}	7.2905×10^{-3}	0.0102	0.0134

Midilli and others	R ²	0.9989	0.9995	0.9993	0.9998	1.0000
	χ ²	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
	RMSE	0.0118	0.0079	0.0101	0.0057	0.0012
	RSS	0.0066	0.0016	0.0014	0.0003	0.0000
	<i>a</i>	0.9933	0.9913	0.9886	0.9968	1.0005
	<i>k</i>	1.9137 x 10 ⁻⁶	7.8302 x 10 ⁻⁶	2.7411 x 10 ⁻⁵	4.7286 x 10 ⁻⁵	9.2672 x 10 ⁻⁵
	<i>n</i>	1.9695	2.0209	2.0492	2.0940	2.0842
	<i>b</i>	-5.1565 x 10 ⁻⁵	-3.3373 x 10 ⁻⁵	-3.0136 x 10 ⁻⁵	-6.8832 x 10 ⁻⁵	-4.9266 x 10 ⁻⁵
Peleg	R ²	0.9785	0.9663	0.9608	0.9657	0.9659
	χ ²	0.0028	0.0048	0.0062	0.0062	0.0070
	RMSE	0.0515	0.0665	0.0730	0.0697	0.0705
	RSS	0.1272	0.1106	0.0747	0.0437	0.0348
	<i>a</i>	1274.6375	474.6016	219.9779	169.3259	124.0584
	<i>b</i>	-4.2122 x 10 ⁻³	0.2377	0.3412	0.2142	0.2430
Silva and others	R ²	0.9602	0.9713	0.9777	0.9804	0.9885
	χ ²	0.0051	0.0041	0.0035	0.0036	0.0024
	RMSE	0.0700	0.0614	0.0551	0.0527	0.0410
	RSS	0.2353	0.0942	0.0425	0.0250	0.0118
	<i>a</i>	2.6685 x 10 ⁻³	6.2362 x 10 ⁻³	0.0127	0.0196	0.0279
	<i>b</i>	-0.0341	-0.0539	-0.0797	-0.1086	-0.1405
Wang and Singh	R ²	0.9785	0.9697	0.9690	0.9682	0.9690
	χ ²	0.0028	0.0043	0.0049	0.0058	0.0063
	RMSE	0.0515	0.0631	0.0649	0.0671	0.0672
	RSS	0.1272	0.0995	0.0590	0.0406	0.0316
	<i>a</i>	-7.8402 x 10 ⁻⁴	-2.1186 x 10 ⁻³	-4.4538 x 10 ⁻³	-5.9709 x 10 ⁻³	-8.1131 x 10 ⁻³
	<i>b</i>	-3.0868 x 10 ⁻⁹	8.3941 x 10 ⁻⁷	4.4259 x 10 ⁻⁶	6.3050 x 10 ⁻⁶	1.2523 x 10 ⁻⁵

CONCLUSIONS

Banana foam was obtained by using 5 % of fresh egg albumin and dried under microwave conditions at power intensities of 100, 180, 300, 450 and 600 W. Six thin-layer models were applied and Midilli and others' model was found with a good fit to the experimental data with a high value of correlation coefficient and low values of residual sum of squares, reduced chi-square and root mean square error. In addition, the effective moisture diffusivity and activation energy values (10.80 W/g) were determined for microwave foam-mat drying of banana. Calculated values were similar to those in the literature. Further studies may be carried out to identify the drying behavior of banana foam using microwave-assisted convective drying or the

effects of pretreatment during preparation of banana puree may be investigated.

REFERENCES

- Branco, I. G., Kikuchi, T. T., Argandona, E. J. S., Moraes, I. C. F., Haminiuk, C. W. I. (2016). Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis* (O. Berg)) powder obtained by foam-mat drying. *Int J Food Sci Tech*, 51(7): 1703-1710. doi:10.1111/ijfs.13145
- Chakraborty, S., Mazumder, S., Banerjee, S. (2017). Changes in Thermal Properties and Colour Attributes of Potato (Chandramukhi Variety) during Foam Mat and Thin Layer Drying. *J Microb Biotec Food*, 6(5): 1121-1126. doi:10.15414/jmbfs.2017.6.5.1121-1126

- Chayjan, R. A., Kaveh, M. (2014). Physical Parameters and Kinetic Modeling of Fix and Fluid Bed Drying of Terebinth Seeds. *J. Food Process Preserv.*, 38(3): 1307-1320. doi:10.1111/jfpp.12092
- Chayjan, R. A., Kaveh, M., Khayati, S. (2015). Modeling Drying Characteristics of Hawthorn Fruit under Microwave-Convective Conditions. *J. Food Process Preserv.*, 39(3): 239-253. doi:10.1111/jfpp.12226
- Crank, J. (1975). *Mathematic of Diffusion* (2nd ed.). London: Oxford University Press.
- da Silva, W. P., Rodrigues, A. F., Silva, C. M. D. P. S. E., de Castro, D. S., Gomes, J. P. (2015). Comparison between continuous and intermittent drying of whole bananas using empirical and diffusion models to describe the processes. *J Food Eng*, 166: 230-236. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.06.018
- Dadali, G., Demirhan, E., Ozbek, B. (2007). Microwave heat treatment of spinach: Drying kinetics and effective moisture diffusivity. *Dry. Technol.*, 25(10): 1703-1712. doi:10.1080/07373930701590954
- Demirhan, E., Ozbek, B. (2010a). Drying kinetics and effective moisture diffusivity of purslane undergoing microwave heat treatment. *Korean J Chem Eng*, 27(5): 1377-1383. doi:10.1007/s11814-010-0251-2
- Demirhan, E., Ozbek, B. (2010b). Microwave-Drying Characteristics of Basil. *J. Food Process Preserv.*, 34(3): 476-494. doi:10.1111/j.1745-4549.2008.00352.x
- Ertekin, C., Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *J Food Eng*, 63(3): 349-359. doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007
- Falade, K. O., Okocha, J. O. (2012). Foam-Mat Drying of Plantain and Cooking Banana (*Musa spp.*). *Food Bioprocess Tech*, 5(4): 1173-1180. doi:10.1007/s11947-010-0354-0
- Guimaraes, M. K. A., De Figueiredo, R. M. F., Queiroz, A. J. D. (2017). Foam-Mat Drying Kinetics of Keitt Mango Pulp. *Rev Caatinga*, 30(1): 172-180. doi:10.1590/1983-21252017v30n119rc
- Lobo, F. A., Nascimento, M. A., Domingues, J. R., Falcao, D. Q., Hernanz, D., Heredia, F. J., Araujo, K. G. L. (2017). Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. *Food Chem*, 221: 258-266. doi:10.1016/j.foodchem.2016.10.080
- Maciel, R. M. G., Afonso, M. R. A., da Costa, J. M. C., Severo, L. S., de Lima, N. D. (2017). Mathematical modeling of the foam-mat drying curves of guava pulp. *Rev Bras Eng Agr Amb*, 21(10): 721-725. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p721-725
- Madamba, P. S., Driscoll, R. H., Buckle, K. A. (1996). The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *J Food Eng*, 29(1): 75-97. doi:10.1016/0260-8774(95)00062-3
- McMinn, W. A. M. (2006). Thin-layer modelling of the convective, microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder. *J Food Eng*, 72(2): 113-123. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.11.025
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. (2002). A new model for single-layer drying. *Dry. Technol.*, 20(7): 1503-1513. doi:10.1081/Drt-120005864
- Noordia, A., Mustar, Y. S., Kusnanik, N. W. (2020). Foam mat drying of banana juice: varieties of ripe banana analysis and egg albumen foam. *Food Sci Tech-Brazil*, 40(2): 465-468. doi:10.1590/fst.24918
- Omolola, A. O., Jideani, A. I. O., Kapila, P. F. (2014). Modeling microwave drying kinetics and moisture diffusivity of Mabonde banana variety. *Int J Agr Biol Eng*, 7(6): 107-113. doi:10.3965/j.ijabe.20140706.013
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., Abdan, K. (2016). Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review. *Compr Rev Food Sci F*, 15(3): 599-618. doi:10.1111/1541-4337.12196
- Prakotmak, P., Soponronnarit, S., Prachayawarakorn, S. (2010). Modelling of moisture diffusion in pores of banana foam mat

- using a 2-D stochastic pore network: Determination of moisture diffusion coefficient during adsorption process. *J Food Eng*, 96(1): 119-126. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.07.004
- Prakotmak, P., Soponronnarit, S., Prachayawarakorn, S. (2011). Effect of Adsorption Conditions on Effective Diffusivity and Textural Property of Dry Banana Foam Mat. *Dry Technol.*, 29(9): 1090-1100. doi:10.1080/07373937.2011.569044
- Qadri, O. S., Osama, K., Srivastava, A. K. (2020). Foam mat drying of papaya using microwaves: Machine learning modeling. *J Food Process Eng.*, 43(6): e13394. doi:10.1111/jfpe.13394
- Qadri, O. S., Srivastava, A. K. (2017). Microwave-Assisted Foam Mat Drying of Guava Pulp: Drying Kinetics and Effect on Quality Attributes. *J. Food Process Eng.*, 40(1): e12295. doi:10.1111/jfpe.12295
- Raharitsifa, N., Genovese, D. B., Ratti, C. (2006). Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. *J Food Sci*, 71(3): E142-E151. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.tb15627.x
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *J Food Eng*, 49(4): 311-319. doi:10.1016/S0260-8774(00)00228-4
- Salahi, M. R., Mohebbi, M., Taghizadeh, M. (2015). Foam-Mat Drying of Cantaloupe (Cucumis Melo): Optimization of Foaming Parameters and Investigating Drying Characteristics. *J Food Process Preserv.*, 39(6): 1798-1808. doi:10.1111/jfpp.12414
- Sankat, C. K., Castaigne, F. (2004). Foaming and drying behaviour of ripe bananas. *Lebensm-Wiss Technol*, 37(5): 517-525. doi:10.1016/S0023-6438(03)00132-4
- Sun, Y., Zhang, Y. H., Xu, W., Zheng, X. Z. (2020). Analysis of the Anthocyanin Degradation in Blue Honeysuckle Berry under Microwave Assisted Foam-Mat Drying. *Foods*, 9(4): 397. doi:10.3390/foods9040397
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., Soponronnarit, S. (2008). Drying characteristics and quality of banana foam mat. *J Food Eng*, 86(4): 573-583. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.11.008
- Togrul, I. T., Pehlivan, D. (2003). Modelling of drying kinetics of single apricot. *J Food Eng*, 58(1): 23-32. doi:10.1016/S0260-8774(02)00329-1
- Torki-Harchegani, M., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Ghanbarian, D., Sadeghi, M., Tohidi, M. (2016). Dehydration characteristics and mathematical modelling of lemon slices drying undergoing oven treatment. *Heat Mass Transfer*, 52(2): 281-289. doi:10.1007/s00231-015-1546-y
- Vega-Galvez, A., San Martin, R., Sanders, M., Miranda, M., Lara, E. (2010). Characteristics and Mathematical Modeling of Convective Drying of Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.): Influence of Temperature on the Kinetic Parameters. *J. Food Process Preserv.*, 34(6): 945-963. doi:10.1111/j.1745-4549.2009.00410.x

KONJUGE LİNOLEİK ASİT İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ YAĞIN YAĞSIZ SÜT TOZU VE MALTODEKSTRİN KARIŞIMI İLE MİKROENKAPSÜLASYONU VE MİKROKAPSÜLLERİN KARAKTERİZASYONU

Hakan Erinç, Hamza Alaşalvar*

*Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 28.09.2020; Kabul / Accepted: 21.10.2020; Online baskı / Published online: 06.11.2020

Erinç, H., Alaşalvar, H. (2020). Konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş yağın yağsız süt tozu ve maltodekstrin karışımı ile mikroenkapsülasyonu ve mikrokapsüllerin karakterizasyonu. GIDA (2020) 45(6)1143-1153 doi: 10.15237/gida.GD20111

Erinç, H., Alaşalvar, H. (2020). Microencapsulation of an oil rich in conjugated linoleic acid with skimmed milk powder and maltodextrin mixture and their characterization. GIDA (2020) 45(6)1143-1153 doi: 10.15237/gida.GD20111

ÖZ

Konjuge linoleik asit (KLA), insan sağlığı üzerine birçok olumlu etkisi olan fonksiyonel bir bileşiktir. Fakat düşük oksidasyon stabilitesi ve suda çözünürlük özellikleri bu bileşenin gıdalarda kullanımını sınırlamaktadır. Bu çalışmada, KLA bakımından zenginleştirilmiş bir yağın püskürterek kurutma yoluyla enkapülasyonunda kaplama maddesi olarak yağsız süt tozu ve maltodekstrinin farklı oranlarda kullanımının mikroenkapsülasyon verimi ve mikroenkapsülasyon etkinliği üzerine etkileri incelenmiştir. Mikroenkapsülasyon verimi ve mikroenkapsülasyon etkinliği sırasıyla %21.35-42.92 ve %16.32-73.91 değerleri aralığında belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre en uygun kaplama maddesi oranı %70 yağsız süt tozu ve %30 maltodekstrin içeren karışım olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu noktada elde edilen mikrokapsüllerin moleküler, morfolojik ve termal özellikleri Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi, taramalı elektron mikroskopu ve termogravimetrik analiz kullanılarak karakterize edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Konjuge linoleik asit, yağsız süt tozu, maltodekstrin, püskürterek kurutma

MICROENCAPSULATION OF AN OIL RICH IN CONJUGATED LINOLEIC ACID WITH SKIMMED MILK POWDER AND MALTODEXTRIN MIXTURE AND THEIR CHARACTERIZATION

ABSTRACT

Conjugated linoleic acid (CLA) is a functional compound that has many positive effects on human health. However, its low oxidation stability and water-solubility properties limit the use of this component in foods. In this study, the effects of different ratios of skimmed milk powder and maltodextrin on microencapsulation yield and microencapsulation efficiency were investigated in the microencapsulation of an oil-rich in CLA by spray drying. Microencapsulation yield and microencapsulation efficiency were determined in the range of 21.35-42.92% and 16.32-73.91%, respectively. According to the data obtained, the optimum coating material ratio was determined as a mixture containing 70% skimmed milk powder and 30% maltodextrin. In addition, the molecular, morphological, and thermal properties of the capsules obtained at this point were characterized using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscope (SEM), and thermogravimetric analysis (TGA).

Keywords: Conjugated linoleic acid, skimmed milk powder, maltodextrin, spray drying

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hamza.alasalvar@ohu.edu.tr,

☎ (+90) 388 225 4613,

☎ (+90) 388 225 0112

Hakan Erinç; ORCID no: 0000-0001-8858-4570

Hamza Alaşalvar; ORCID no: 0000-0003-3000-7310

GİRİŞ

İnsan sağlığı üzerine beslenmenin etkisinin bilimsel çalışmalar sonucu ortaya konulması ile sağlıklı gıdalar için tüketici talebi gün geçtikçe artmaktadır. Bu amaçla, birçok biyoaktif bileşik çeşitli gıda ürünlerinin zenginleştirilmesi için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Vitaminler, mineraller, antimikrobiyal maddeler, fenolik bileşikler, antioksidanlar ve biyoaktif lipidler bu fonksiyonel gıda bileşenleri arasındadır. Bu bileşenleri gıdalara veya içeceklere direkt olarak uygulamada düşük çözünürlük, kimyasal bozulma, duyuşal özelliklerin kaybı, oksidasyon gibi çeşitli olumsuz durumlar ortaya çıkabilmektedir (Labuschagne, 2018; Torres-Giner vd., 2010) .

Konjuge linoleik asit (KLA), antikanser, antidiyabetik ve antihipertansif özellikler sergileyen çoklu doymamış bir yağ asididir (Y. Kim, Kim, Whang, & Park, 2016). Et ve süt ürünlerinde belirli miktarlarda KLA bulunmaktadır ancak insan vücudu tarafından sentezlenemez (Choque vd., 2014). Bu sebeple KLA tüketiminin artırılması için gıdalara dışardan ilave edilmesi gerekmektedir. Ancak KLA oksidasyona maruz kaldığında biyoaktif özelliklerini kolaylıkla kaybedebilmektedir (Fernandez-Avila vd., 2016). Ayrıca, KLA'nın sudaki düşük çözünürlüğü yüksek oranda su içeren gıdalara KLA ilavesini zorlaştırmaktadır. KLA' nın sudaki çözünürlüğünü ve oksidasyon stabilitesi artırmak için kullanılan yaygın işlemlerden birisi mikroenkapsülasyondur (Costa vd., 2015).

Mikroenkapsülasyon işleminde yüksek verimliliği, kolay ulaşılabilirliği ve düşük işlem maliyetinden dolayı en yaygın kullanılan yöntem püskürterek kurutma metodudur (Kalušević vd., 2017). Yağların mikroenkapsülasyonunda ilk aşamada kaplama maddesi kullanılarak su içinde yağ emülsiyonu elde edilir ve daha sonra kurutma işlemi gerçekleştirilir. Bu sebeple emülsiyon oluşturma özelliği gösteren kaplama maddelerinin kullanılması gerekmektedir. Karbonhidratlar, lipidler ve proteinler gibi farklı kaplama maddeleri mikroenkapsülasyon işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (F. Gibbs, 1999). Karbonhidrat esaslı kaplama maddeleri zayıf emülsiyon özelliği

sergiledikleri için yağların mikroenkapsülasyonunda tek başına kaplama maddesi olarak kullanılmazlar (Kagami et al., 2003). Ancak, diğer kaplama maddeleri ile kombine edildiklerinde mikroenkapsülasyon etkinliğini ve verimini geliştirmektedir (Aghbashlo vd., 2012). Yağsız süt tozu, protein içeriğinden dolayı emülsifiye edici özelliği vardır, ayrıca ulaşılabilirliğinin kolay olması ve fiyatının da diğer kaplama materyallerine göre ucuz olmasından dolayı mikroenkapsülasyon işlemlerinde kullanılmaktadır (Goula ve Adamopoulos, 2012). Nar çekirdek yağı (Goula ve Adamopoulos, 2012) ve ceviz yağı (Shamaei vd., 2017) yağsız süt tozu kullanılarak mikroenkapsüle edilmiştir.

Literatürde KLA' nın mikroenkapsülasyonu üzerine olan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmalar genellikle serbest yağ asidi olarak KLA' nın mikroenkapsülasyonu üzerine odaklanmıştır (Costa vd., 2015; Jimenez vd., 2004, 2006; Kim vd., 2000; Lee vd., 2009). Ancak, yalnızca bir çalışmada KLA bakımında zenginleştirilmiş bir yağın (Tonalin TG 80) mikroenkapsülasyonu rapor edilmiştir (Holgado vd., 2018).

Sunulan bu çalışmada, konjuge linoleik asit bakımından zenginleştirilmiş bir yağın mikroenkapsülasyonunda yağsız süt tozu ve maltodekstrinin mikroenkapsülasyon etkinliği ve verimi üzerine etkilerinin Simplex Lattice deneme deseni kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Optimum noktada elde edilen mikrokapsüller taramalı elektron mikroskobu, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi ve termogravimetrik analiz kullanılarak karakterize edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Maltodekstrin (Dekstroz eşdeğeri:13-17) ve diğer kimyasallar Sigma şirketinden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan %1 yağ içeriğine sahip yağsız süt tozu (Pınar, İzmir, Türkiye) Niğde'de bulunan yerel bir marketten temin edilmiştir. Analizde kullanılan kimyasallar analitik saflıktadır.

Metot

KLA ve KLA bakımından zenginleştirilmiş yağ üretimi

KLA üretimi, aspir yağı başlangıç materyali olarak kullanılarak Alaşalvar vd., (2019) tarafından tanımlanan metoda göre gerçekleştirilmiştir. Özetle, aspir yağı (250 g), potasyum hidroksit (57.5 g), etanol (200 mL) ve saf su (60 mL) kullanılarak kaynama noktasına kadar ısıtılarak 1 saat içinde sabunlaştırılmıştır. Bu işlemde sonra 250 mL soğutulmuş saf su ve 300 mL 4 M sülfirik asit bu karışım üzerine eklenmiş ve pH 2 olacak şekilde ayarlanmıştır. Dietil eter kullanılarak karışım içerisinde serbest yağ asitleri ayrılmıştır. Linoleik asitin saflaştırılması için aseton kullanılmış ve örnekler -70°C'de kristalize edilmiştir. Kristalizasyondan sonra %88.2 oranında linoleik asit içeren bir fraksiyon elde edilmiştir. Linoleik asitten KLA eldesi için potasyum hidroksit: LA bakımından zengin fraksiyon: Etilen glikol oranları 1:4.8:7.7 olacak şekilde karıştırılmış ve 700 W mikrodalga gücünde 6 saat reaksiyona bırakılmıştır.

KLA bakımından zengin yağ üretimi

KLA ile zenginleştirilmiş yağın üretiminde Güney vd, (2020) tarafından belirtilen metot kullanılmıştır. Bu işlem için palm stearin ve metillendirilmiş-KLA oranı 1/3 olacak şekilde ayarlanmıştır. Manyetik karıştırıcı kullanılarak vakum ortamında yağın sıcaklığı 90°C'ye getirilerek 15 dk süreyle karıştırılması ile nemi uzaklaştırılmıştır. Katalizör olarak %30'luk sodyum metilat çözeltisinden yağın %0.5'i oranında karışıma eklenerek 30 dakika süre ile 90 °C'de vakum altında ısıtılmıştır. Reaksiyon tamamlandıktan sonra katalizörün inaktif hale getirilmesi için toplam yağ ağırlığının %2'si oranında %20'lik sitrik asit çözeltisi karışıma eklenmiş ve aynı sıcaklıkta 15 dakika karıştırma işlemine devam edilmiştir. Yağlar ağartma toprağı kullanılarak kâğıt filtreden süzülerek katalizör ve yabancı maddeler uzaklaştırılmıştır.

Mikrokapsüllerin üretimi

Mikrokapsüllerin üretiminde ilk aşamada yağ/kaplama maddesi oranı 1/2 olacak şekilde ağırlıkça %30 kuru madde içeren emülsiyonlar hazırlanmıştır. Kaplama maddesi

kompozisyonunun mikroenkapsülasyon üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla yağ ve kuru madde miktarları sabit tutularak kaplama maddesi içeriği Simplex Lattice deneme desenine (Çizelge 1) göre 8 noktada değiştirilmiştir. Püskürterek kurutma işleminden önce elde edilen karışımlar Ultra-Turrax T18 (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Almanya) kullanılarak 10000 rpm'de 10 dakika homojenize edilmiştir. Püskürterek kurutma işlemi Büchi B-290 (Büchi, Flawil, İsviçre) cihazı kullanılarak hava giriş sıcaklığı 180°C, çıkış sıcaklığı 91±3°C, hava akış hızı 600 L/saat, besleme hızı 8 mL/dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Elde edilen mikrokapsüller 4°C'de cam kaplar içerisinde muhafaza edilmiştir.

Mikroenkapsülasyon verimi

Mikroenkapsülasyon veriminin hesaplanmasında, emülsiyon hazırlamak için kullanılan kuru madde miktarı ve püskürterek kurutma sonucunda elde edilen toz ürün miktarı arasındaki ilişki kullanılarak aşağıdaki denklemde belirtilen şekilde hesaplanmıştır (Başyigit vd., 2020).

$$\text{Enkapsülasyon verimi (\%)} = \frac{\text{Püskürterek kurutma sonrası elde edilen toz ürün miktarı}}{\text{Emülsiyonda kullanılan kuru madde miktarı}} * 100$$

Yüzey yağ miktarı

Yüzey yağ mikroenkapsülasyon işleminden sonra mikroenkapsüle olmamış olan yağ ifade etmektedir. Mikrokapsüllerin yüzeyindeki yağ miktarının belirlenmesinde, 1 g mikrokapsül üzerine 5 mL petrol eteri ilave edilerek 5 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra Whatmann no.1 filtre kâğıdı kullanılarak sabit tartıma getirilmiş kaplara ekstrakte edilen yağ süzümüştür. Mikrokapsüller üzerine 3 kez daha 5 mL petrol eteri ilavesi gerçekleştirilerek kalan yağın ekstrakte edilmesi sağlanmıştır. Petrol eteri yağ karışımından petrol eterinin uzaklaştırılması 40°C'de döner buharlaştırıcı yardımıyla sağlanmıştır (Roccia vd., 2014). Sonrasında elde edilen yağ 103°C'de 1 saat kurutulmuştur.

Toplam yağ miktarı

Mikrokapsüllerdeki toplam yağın belirlenmesi, 2 g mikrokapsül üzerine 90 mL metanol/kloroform (1/2) karışımı ve %2 oranında NaCl içeren 10 mL

su ilave edilmiştir. Elde edilen karışım ayırma hunisi içerisinde hafifçe karıştırılmış ve faz ayrımı için 10 dakika beklenilmiştir. Faz ayrımından sonra altta kalan faz sabit tartıma getirilmiş kap içerisine alınmıştır. Çözücünün uzaklaştırılmasında 40°C'de döner buharlaştırıcı kullanılmıştır. Sonrasında elde edilen yağ 103°C'de 1 saat kurutulmuştur (Velasco vd., 2006).

Mikroenkapsülasyon etkinliği

Mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarı ve mikrokapsüllerin yüzeyindeki yağ miktarı arasındaki ilişki kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Tonon vd., 2011).

$$\text{Enkapsülasyon Etkinliği (\%)} = \frac{\text{Toplam yağ} - \text{Yüzey yağ}}{\text{Toplam yağ}} * 100$$

Su aktivitesi

Mikrokapsüllerin su aktivitesi değerleri su aktivitesi tayin cihazı (AquaLab Series 3, ABD) kullanılarak 25 °C'de ölçülmüştür.

Mikrokapsüllerin akış özellikleri

Mikrokapsüllerin yığın yoğunluğu (kg/m³), 10 mL hacme sahip mezür içerisine 2 g mikrokapsül hava boşluğu kalmayacak şekilde ancak herhangi bir basınç uygulamaksızın doldurulmuş ve kütle/hacim oranından hesaplanmıştır. Sıkıştırılmış yoğunluk (kg/m³) ise, 2 g toz örneğin 10 mL hacme sahip silindirik kabın içerisine doldurulup saniyede 1 vuruş olacak şekilde 180 kez vurularak sıkıştırılması ile kütle/hacim oranından belirlenmiştir (Jinapong, Suphantharika, & Jamnong, 2008). Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinden yararlanılarak Carr indeks (CI) değerleri ve Hausner oranları (HO) hesaplanmıştır (Velasco vd., 2006).

Termogravimetrik analiz

Üretilen mikrokapsüllerin termogravimetrik analizleri Linseis marka termogravimetri cihazı kullanılarak azot atmosferinde 0-500°C sıcaklık aralığında ve 10°C/dakika ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir (Başyigit vd., 2020).

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi

Elde edilen ürünlerin FTIR ölçümlerinde KBr ile hazırlanan pelletler kullanılmıştır. Dalga boyları

4000-400 cm⁻¹ arasında spektrum taranmıştır (Başyigit vd., 2020).

Taramalı elektron mikroskobu

Mikrokapsüllerin morfolojik yapılarının belirlenmesi taramalı elektron mikroskobu (Zeiss, Almanya) kullanılarak 750x ve 2.5 Kx büyütme oranlarında vakum altında gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analizler

Mikrokapsüllerin üretimi iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ancak ölçümler üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Design expert 7 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, ABD) programı yardımıyla varyans analizi (ANOVA) kullanılarak kaplama maddesi kombinasyonlarının mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği üzerine etkileri belirlenmiştir. Çoklu cevapların eş zamanlı optimizasyonu için arzu edilebilirlik fonksiyonu kullanılmıştır. Optimum noktada elde edilen tozların doğrulama analizleri Student- t test kullanılarak %95 güven aralığında SPSS 21 (Şikago, ABD) programında gerçekleştirilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

KLA içeriği bakımından zenginleştirilmiş yağ mikrokapsüllerinin mikroenkapsülasyon verimi, mikroenkapsülasyon etkinliği, su aktivitesi, yığın yoğunluk, sıkıştırılmış yoğunluk, Carr indeks ve Hausner oranı değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Mikroenkapsülasyon verimi, püskürterek kurutma işleminde sonra geri kazanılan toz ürün miktarını ifade etmektedir. Kaplama maddesi kombinasyonuna bağlı olarak örneklerin mikroenkapsülasyon verimi %21.35 ile 42.92 değerleri aralığında değişmiştir. Kaplama maddesi olarak yağsız süt tozu ile maltodekstrinin birlikte kullanımı geri kazanılan toz miktarını artırmıştır.

Mikroenkapsülasyon etkinliği %16.32 ve 73.91 değerleri arasında değişmiştir. Kaplama maddesi olarak sadece maltodekstrin kullanılarak üretilen mikrokapsüller en düşük etkinlik değerine sahiptir. Bu bulgu maltodekstrinin düşük emülsiyon özelliği ile açıklanabilir. Formülasyonlarda sadece yağsız süt tozu veya yağsız süt tozu-maltodekstrin karışımı kullanıldığında daha yüksek etkinlik değerleri elde edilmiştir. Bu durum yağsız süt tozunun protein

içeriği ile dolayısıyla emülsifiye edici özelliği ile açıklanabilir. Farklı kaplama maddeleri (peynir alt suyu proteinleri, sodyum kazeinat ve yağsız süt tozu) ve farklı sıcaklıklar (140, 160 ve 180°C) ile balık yağının mikroenkapsülasyonunun gerçekleştirildiği bir çalışmada, kaplama maddesi olarak yağsız süt tozu ve 180°C giriş sıcaklığı kullanıldığında etkinlik değeri %81.94 olarak belirlenmiştir (Aghbashlo vd., 2013). Bir diğer

çalışmada, yağsız süt tozu, yağsız süt tozu+Tween 80 ve yağsız süt tozu+maltodekstrin ceviz yağının mikroenkapsülasyonunda kaplama maddesi olarak kullanılmış ve %90 mikroenkapsülasyon etkinliği yağsız süt tozu+Tween 80 kullanıldığında elde edilmiştir. Yağsız süt tozu maltodekstrin karışımı kullanıldığında ise etkinlik değeri %56.19 olarak rapor edilmiştir (Shamaei vd., 2017).

Çizelge 1. Simplex Lattice deneme deseni ve cevaplar

Table 1. Simplex Lattice design and responses

Seri Run	Kaplama Maddeleri Coating materials		Cevaplar Responses						
	A: Yağsız Süt tozu Skimmed Milk powder	B: Maltodekstrin Maltodextrin	Mikroenkapsü lasyon verimi Microencapsulati on yield	Mikroenkapsüla syon etkinliği Microencapsulation efficiency	Su aktivitesi Water Activity	Yığın yoğunluk Bulk density	Sıkıştırılmış yoğunluk Tapped density	Carr indeks Carr index	Hausner oranı Hausner ratio
	(%)	(%)	(%)	(%)		(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(%)	
1	25	75	39.66	58.47	0.28	269.16	485.00	44.50	1.80
2	100	0	40.17	72.30	0.26	269.04	474.65	43.32	1.76
3	50	50	42.79	73.91	0.28	254.76	460.49	44.68	1.81
4	75	25	42.92	70.30	0.22	263.32	477.49	44.85	1.81
5	50	50	38.54	65.58	0.31	239.08	420.82	43.19	1.76
6	100	0	41.84	69.55	0.26	267.87	455.29	41.16	1.70
7	0	100	22.30	17.41	0.25	324.38	518.50	37.44	1.60
8	0	100	21.35	16.32	0.26	308.70	522.41	40.91	1.69

Mikrokapsüllerin su aktivitesi değerleri 0.25-0.31 değerleri arasında belirlenmiştir. Elde edilen su aktivitesi değerleri uzun süreli depolamalarda mikrokapsüllerin mikrobiyal güvenliğini sağlamak açısından uygundur. Süt tozu kullanılarak antosiyaninlerce zengin bir ekstraktın mikroenkapsülasyonunda su aktivitesi değeri 0.32 olarak rapor edilmiştir (Kalušević vd., 2017).

Yığın yoğunluk toz örneklerin partikül boyutundan etkilenmektedir. Küçük boyutlu partiküllerin yüksek miktarda bulunması yoğunluğu artırmaktadır (Nath ve Satpathy, 1998). Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri, sadece maltodekstrin kullanılarak üretilen örnekler ile kıyaslandığında yağsız süt tozu içeren örneklerde azalmıştır. Sıkıştırılmış yoğunluk ve yığın yoğunluk arasındaki yüksek orandaki fark ürünlerin akabilirliğinin kötü olduğunu ve kekleşmenin yüksek olduğunu göstermektedir. Yağ/yağsız süt tozu oranı, emülsiyonun kuru madde oranı, püskürtmeli kurutucu giriş sıcaklığı ve kuru hava akış hızı gibi faktörlere bağlı olarak

nar çekirdek yağının yığın yoğunluğu 200 ile 600 kg/m³ aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Goula ve Adamopoulos, 2012). Hausner oranının 37.44 ile 44.50 değerleri arasında ve Carr indeks değerlerinin 1.4'ten büyük olması elde edilen mikrokapsüllerin akış özelliklerinin kötü olduğunu göstermektedir.

Uygun kaplama maddesi karışımının belirlenmesi

Simplex Lattice deneme desenine göre yürütülen analizlerden elde edilen sonuçlara göre mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği üzerine yağsız süt tozu ve maltodekstrin kullanımının etkileri Design Expert programı kullanılarak incelenmiştir. Modellerin önemi ve uygunluğu ANOVA kullanılarak belirlenmiştir. ANOVA sonuçları ve modellerin katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği için sırayla 0.9317 ve 0.9632 R² değerleri ile kuadratik modeller uygun bulunmuştur. Mikroenkapsülasyon verimi için yüksek tahmin edilen-R² =0.8613 ve ayarlanmış-R² =0.9044

değerleri arasındaki farkın 0.2'ten düşüktür. Ayrıca modelin doğruluğunu gösteren uyum eksikliği değeri istatistiksel ($P>0.05$) olarak önemsizdir. Enkapsülasyon verimi üzerine yağsız süt tozu ve maltodekstrinin bireysel ve karışım olarak kullanımı istatistiksel ($P<0.001$) olarak önemli bulunmuştur. Mikroenkapsülasyon etkinliği için tahmin edilen- R^2 ve ayarlanmış- R^2

değerleri arasındaki fark mikroenkapsülasyon verimi ile benzer şekilde 0.2'den küçüktür. Uyum eksikliği değeri istatistiksel ($P>0.05$) olarak önemsizdir. ANOVA sonuçlarına göre yağsız süt tozu ve maltodektrin karışımının kullanımı mikroenkapsülasyon etkinliği üzerine istatistiksel olarak ($P=0.0015$) önemli düzeyde etkilidir.

Çizelge 2. Mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği için ANOVA sonuçları
Table 2. ANOVA results for encapsulation yield and efficiency

Bileşenler <i>Component</i>	Katsayılar <i>Coefficient</i>	Mikroenkapsülasyon verimi <i>Microencapsulation yield</i>	Mikroenkapsülasyon etkinliği <i>Microencapsulation efficiency</i>
A-Yağsız süt tozu <i>Skimmed milk powder</i>	β_1	+39.99	+67.07
B-Maltodekstrin <i>Maltodextrin</i>	β_2	+22.44	+18.18
AB	β_{12}	+40.31	+108.55
R^2		0.9317	0.9632
Ayarlanmış- R^2 <i>Adjusted-R^2</i>		0.9044	0.9485
Tahmini R^2 <i>Predicted-R^2</i>		0.8613	0.9169
p-değeri <i>p-value</i>		0.0012	0.0003
F değeri <i>F value</i>		34.12	65.50
Uyum eksikliği <i>Lack of fit</i>		0.1187	0.2404

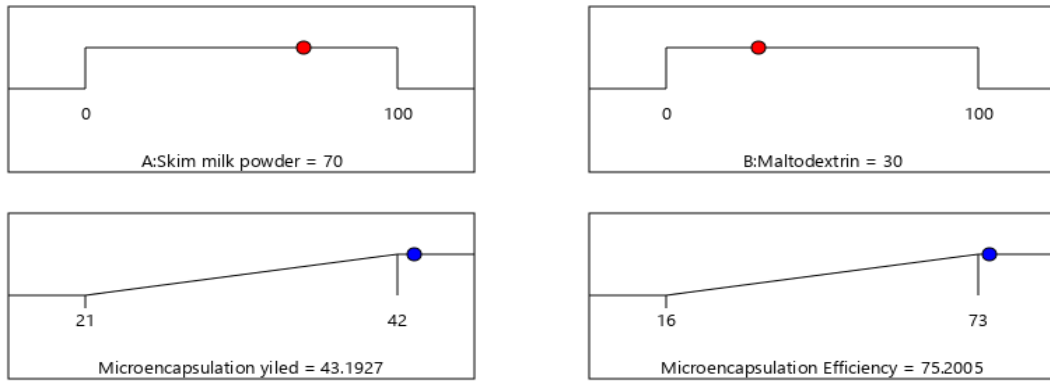
En uygun kaplama maddesi karışımının seçiminde mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği değerlerinin maksimum olduğu noktanın belirlenmesi amaçlanmıştır. En uygun kaplama maddesi oranı %70 yağsız süt tozu ve %30 maltodekstrin içeren karışım olarak bulunmuştur. Bu noktada tahmin edilen mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği değerleri sırasıyla %43.1927 ve 75.2005 olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Bu kaplama maddesi karışımı kullanılarak yürütülen püskürterek kurutma işleminde mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği değerleri %42.98±1.05 ve %75.85±0.92 olarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur. Bu bulgu yağsız süt tozu ve maltodekstrinin farklı oranlarda kullanımının kuadratik modeller ile açıklanabileceğini göstermektedir.

Moleküler özellikler

Kaplama maddeleri (yağsız süt tozu ve maltodekstrin), KLA bakımından zengin yağ ve mikrokapsüllerin FTIR spektrumları Şekil 2'de verilmiştir. FTIR analizi mikrokapsülleri oluşturan bileşenler arasındaki etkileşimi belirlemek için kullanılmaktadır. KLA bakımından zengin yağ için 2923.09 cm^{-1} 'de elde edilen pik hidrokarbon zincirindeki asimetric yağ asitlerini ifade etmektedir (Kadamne vd., 2009). Benzer şekilde mikrokapsüllerde gözlenen ancak yağsız süt tozu ve maltodekstrinde gözlenmeyen 2923.14 cm^{-1} 'deki pik mikrokapsüllerin yüzeyinde yağın varlığının bir göstergesidir. Deformasyonlar ve bükülme bölgelerinde bulunan ve tüm örneklerde ölçülen 1461.20 cm^{-1} yer alan pikin hem CH_2 ve CH_3 alifatik gruplarının bükülme titreşimlerini belirttiği hem de yağlarda toplam doymamışlık derecesini göstermektedir. Çift bağ

gerilim bölgesinde yer alan 1800-1600 cm^{-1} bandında görülen 1743 cm^{-1} 'deki pik trigliseridlerin karbonil ester fonksiyonel gruplarını belirtmektedir (Roach vd., 2002). Trans, trans KLA izomerleri, 988 cm^{-1} 'de bir pik üretirken ve cis, trans KLA izomerleri, sırasıyla 981 ve 947 cm^{-1} 'de iki pik üretmektedir (Christy vd., 2003). Buna göre 983,71 cm^{-1} 'de yer alan bandın trans, trans KLA izomerinden

kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu karakteristik piklerin mikrokapsüllerde görülmemiş olması kaplama maddesi ile KLA ile zenginleştirilmiş yağ arasında herhangi bir reaksiyonun olmadığını göstermektedir. Bu bulguya göre KLA bakımında zengin yağ yağsız süt tozu ve maltodekstrin karışımında mikrokapsülasyonu kimyasal reaksiyondan ziyade fiziksel bir etki ile gerçekleşmektedir.



Şekil 1. Optimum kaplama maddesi oranları ve tahmin edilen değerler
Figure 1. Optimum coating material ratios and predicted values

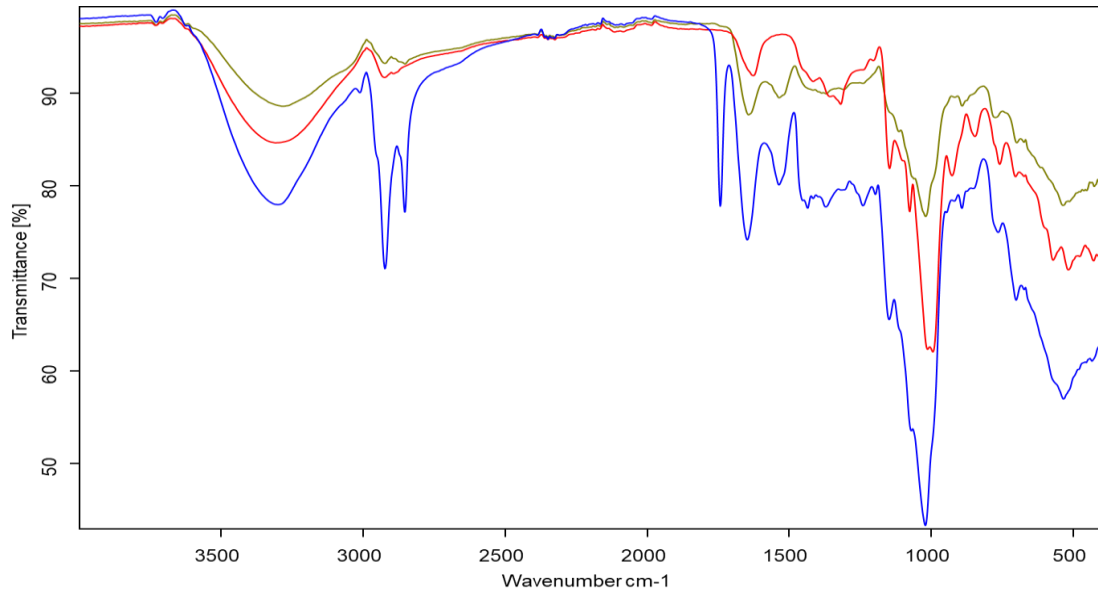
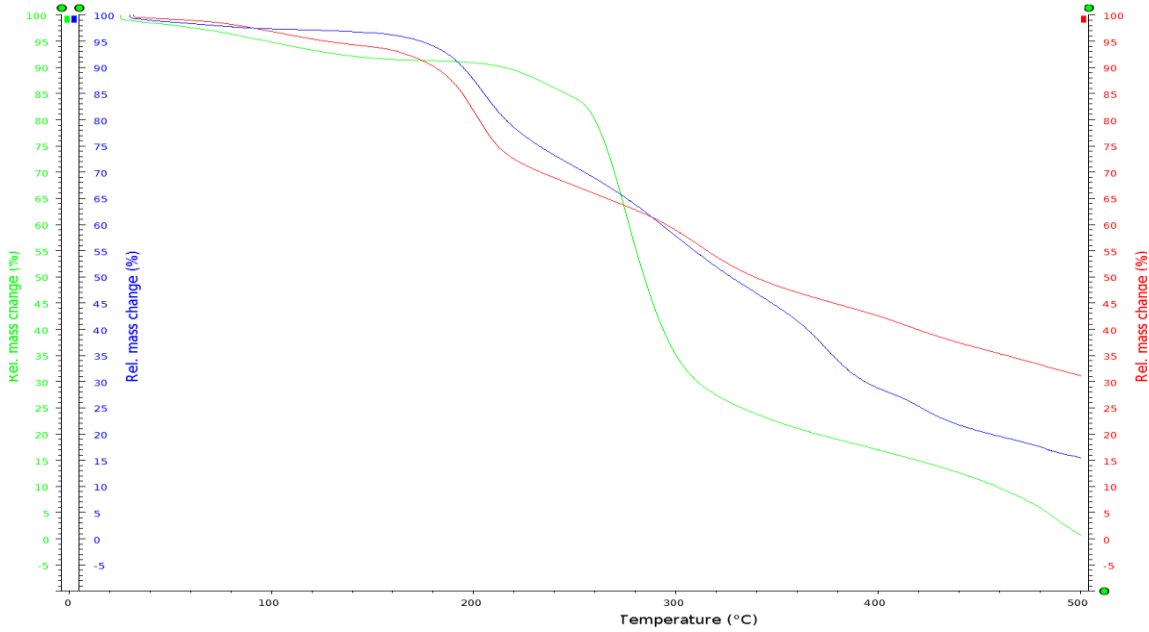


Figure 2. Fourier transformed infrared spectra of milk powder (Green), maltodextrin (Red) and encapsulated powders (Blue)

Termal özellikler

Yağsız süt tozu, maltodekstrin ve mikrokapsüllerin termal özellikleri termogravimetrik analiz yoluyla belirlenmiştir. Örneklere ait ağırlık kaybı eğrileri Şekil 3'te verilmiştir. Elde edilen eğriler arasındaki farklılıklar örneklerin farklı bozulma mekanizmaları gösterdiğini ortaya koymaktadır. Termogravimetrik eğriler incelendiğinde 100-200°C aralığında maltodekstrinin diğer örneklere kıyasla daha yüksek termal dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yağsız süt tozu ve mikrokapsüller için ilk dikkate değer termal parçalanma 175-182°C aralığında meydana gelirken maltodekstrin

için 252°C'de kütlede önemli değişimler gözlenmiştir. Yağsız süt tozu ve mikrokapsüller 300°C sıcaklığa kadar benzer termogravimetrik özellikler göstermiştir. Ancak 300°C sıcaklıktan sonra hem maltodekstrinin hem de yağsız süt tozunun özelliklerine bağlı olarak farklı bir eğri elde edilmiştir. Analiz sonucunda 500°C sıcaklık uygulandığında, mikrokapsüle toz ve maltodekstrinin kütlelerinde sırasıyla %68, 84 ve 99 kayıp meydana gelmiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki hem yağsız süt tozunun hem de maltodekstrinin termal özellikleri mikrokapsüllerin özelliklerini etkilemektedir.



Şekil 3. Mikrokapsüle tozların (Mavi), Maltodekstrin (Yeşil) ve yağsız süt tozuna (Kırmızı) ait termogravimetrik analiz sonuçları

Figure 3. Thermogravimetric analysis results of encapsulated powders (Blue), Maltodextrin (Green) and milk powder (Red)

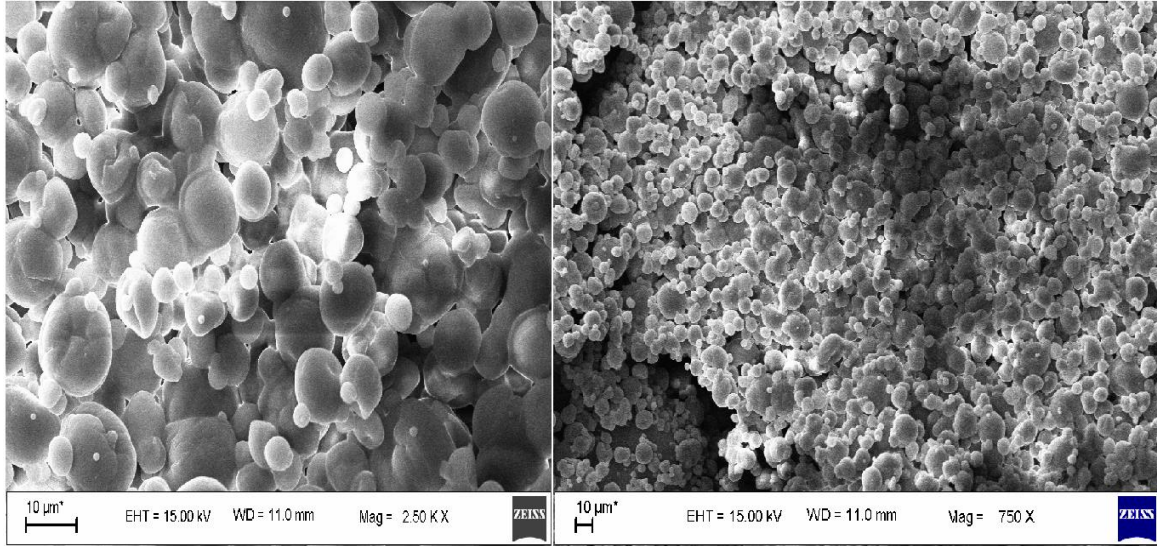
Morfolojik özellikler

Mikrokapsüllerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir. Optimum kaplama maddesi karışımıyla üretilen mikrokapsüller, dağınık yapıda küresel nispeten pürüzsüz bir yapı göstermektedir. Bu şekilde yapıda mikrokapsüllerin üretilmiş olması depolamada yağın oksidasyondan korunarak uzun süreli depolanabileceğinin bir göstergesidir. Ayrıca, bu kaplama maddesi karışımı ile farklı

boyutlarda mikrokapsüllerin oluştuğu ve uniform bir yapının olmadığı belirlenmiştir. Yağsız süt tozu ve maltodekstrin ile elde edilen mikrokapsüllerin topaklaşma göstermemektedir. Ancak bazı çalışmalarda farklı materyallerin mikrokapsülasyonunda sadece yağsız süt tozu veya yağsız süt tozu+maltodekstrin kullanıldığında çukurlu yapıların oluştuğu rapor edilmiştir (Kalušević vd., 2017; Shamaei vd., 2017). Shamaei vd., (2017) tarafından yapılan

çalışmada 140°C giriş sıcaklığında püskürtmeli kurutucu ile kaplama maddesi olarak %50 yağsız süt tozu ve %50 maltodekstrin kullanıldığında ceviz yağı mikrokapsüllerinin çukurlu yapılar

oluşturduğu görülmüştür. Bu durum bizim çalışmamıza kıyasla düşük kurutma sıcaklığının kullanılması ile açıklanabilir.



Şekil 4. Mikroenkapsüle tozların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri

Figure 4. Scanning electron microscope images of encapsulated powders

SONUÇ

Bu çalışmada, kaplama maddesi olarak yağsız süt tozu ve maltodekstrin farklı oranlarda kombine edilerek KLA bakımından zengin yağ mikrokapsüle edilmiştir. Simplex Lattice deneme deseni kullanılarak belirlenen 8 farklı noktada mikroenkapsülasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve mikroenkapsüle toz ürünlerin analizleri yürütülmüştür. Sadece maltodekstrin kullanılarak üretilen mikrokapsüller en düşük mikroenkapsülasyon verimi ve etkinliği değerlerini göstermiştir. Yapılan optimizasyon işlemi sonucunda, verim ve etkinlik değerlerini maksimize etmek için kullanılması gereken karışım oranları %70 yağsız süt tozu ve %30 maltodekstrin olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların uygunluğu doğrulama analizleri yapılarak belirlenmiştir. Optimum noktada elde edilen mikrokapsüller genellikle pürüzsüz yapılar göstermiştir. Kaplama maddesi ve yağ arasında moleküler olarak herhangi bir etkileşimin olmadığı mikrokapsülasyonun fiziksel olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca mikrokapsüllerin sıcaklık stabilitelerinin kullanılan kaplama maddesi ile ilişkili olduğu ortaya

konulmuştur. Ancak üretilen tozlar istenmeyen özelliklerde akış özellikleri sergilemiştir. Bu sebeple yağsız süt tozu ile farklı kaplama maddelerinin kullanımı toz ürünlerin akış özelliklerini geliştirmek için araştırılmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

HE, araştırmanın yürütülmesi, değerlendirilmesi ve yazımını sağlamıştır. HA analizlerin planlanması, gerçekleştirilmesi, değerlendirilmesi ve yazımını sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen GTB 2018/05-BAGEP nolu “Mikrodalga Işınım ve Ultrases Dalgaları ile Konjüge Linoleik Asit Üretiminin Optimizasyonu ve Margarin Formülasyonunda Kullanımı” başlıklı proje kapsamında üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A., Rafiee, S. (2012). The correlation of wall material composition with flow characteristics and encapsulation behavior of fish oil emulsion. *Food Research International*, 49(1), 379-388.
- Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A., Rafiee, S. (2013). Influence of wall material and inlet drying air temperature on the microencapsulation of fish oil by spray drying. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1561-1569.
- Alaşalvar, H., Erinç, H., Salur, F., Özbey, A. (2019). Production of Conjugated Linoleic Acid by Microwave-Assisted and Ultrasound-Assisted Alkali Isomerization: Effects of Microwave Power and Ultrasound Amplitude. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(7), 839-846.
- Başıyigit, B., Sağlam, H., Kandemir, Ş., Karaaslan, A., Karaaslan, M. (2020). Microencapsulation of sour cherry oil by spray drying: Evaluation of physical morphology, thermal properties, storage stability, and antimicrobial activity. *Powder Technology*, 364, 654-663. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.02.035>
- Choque, B., Catheline, D., Rioux, V., Legrand, P. (2014). Linoleic acid: between doubts and certainties. *Biochimie*, 96, 14-21.
- Christy, A. A., Egeberg, P. K., Østensen, E. T. (2003). Simultaneous quantitative determination of isolated trans fatty acids and conjugated linoleic acids in oils and fats by chemometric analysis of the infrared profiles. *Vibrational Spectroscopy*, 33(1-2), 37-48.
- Costa, a. M., Nunes, J., Lima, B., Pedrosa, C., Calado, V., Torres, A., Pierucci, A. (2015). Effective stabilization of CLA by microencapsulation in pea protein. *Food Chemistry*, 168, 157-166.
- F. Gibbs, S. K., Inteaz Alli, Catherine N. Mulligan, Bernard. (1999). Encapsulation in the food industry: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50(3), 213-224.
- Fernandez-Avila, C., Arranz, E., Guri, A., Trujillo, A., Corredig, M. (2016). Vegetable protein isolate-stabilized emulsions for enhanced delivery of conjugated linoleic acid in Caco-2 cells. *Food Hydrocolloids*, 55, 144-154.
- Holgado, F., García-Martínez, M. C., Velasco, J., Ruiz-Méndez, M. V., Márquez-Ruiz, G. (2018). Microencapsulation of Conjugated Linoleic Acid (CLA)-Rich Oil with Skimmed Milk Components Protects against Polymerization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(11), 1399-1408.
- Goula, A. M., Adamopoulos, K. G. (2012). A method for pomegranate seed application in food industries: Seed oil encapsulation. *Food and Bioprocess Technology*, 90(4), 639-652.
- Güney, A., Alaşalvar, H., Erinç, H. (2020). Margarin Formülasyonunda Konjüğe Linoleik Asit Kullanımının Depolama Stabilitesi Üzerine Etkisi. *Gıda*, 45(5), 997-1008.
- Jimenez, M., Garcia, H., Beristain, C. (2004). Spray-drying microencapsulation and oxidative stability of conjugated linoleic acid. *European Food Research and Technology*, 219(6), 588-592.
- Jimenez, M., Garcia, H., Beristain, C. (2006). Spray-dried encapsulation of conjugated linoleic acid (CLA) with polymeric matrices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2431-2437.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
- Kadamne, J. V., Jain, V. P., Saleh, M., Proctor, A. (2009). Measurement of conjugated linoleic acid (CLA) in CLA-rich soy oil by attenuated total reflectance–fourier transform infrared spectroscopy (ATR–FTIR). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(22), 10483-10488.
- Kagami, Y., Sugimura, S., Fujishima, N., Matsuda, K., Kometani, T., Matsumura, Y. (2003). Oxidative stability, structure, and physical characteristics of microcapsules formed by spray drying of fish oil with protein and dextrin wall materials. *Journal of Food Science*, 68(7), 2248-2255.
- Kalušević, A., Lević, S., Čalija, B., Pantić, M., Belović, M., Pavlović, V., Nedović, V. (2017). Microencapsulation of anthocyanin-rich black soybean coat extract by spray drying using

- maltodextrin, gum Arabic and skimmed milk powder. *Journal of Microencapsulation*, 34(5), 475-487.
- Kim, S. J., Park, G. B., Kang, C. B., Park, S. D., Jung, M. Y., Kim, J. O., Ha, Y. L. (2000). Improvement of oxidative stability of conjugated linoleic acid (CLA) by microencapsulation in cyclodextrins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 3922-3929.
- Kim, Y., Kim, J., Whang, K.-Y., Park, Y. (2016). Impact of conjugated linoleic acid (CLA) on skeletal muscle metabolism. *Lipids*, 51(2), 159-178.
- Labuschagne, P. (2018). Impact of wall material physicochemical characteristics on the stability of encapsulated phytochemicals: A review. *Food Research International*, 107, 227-247. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.026>
- Lee, J.-S., Song, Y.-B., Lee, J. Y., Kim, M. K., Jun, S. J., Lee, H. G. (2009). Optimization and oxidative stability of the microencapsulated conjugated linoleic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(4), 348-351.
- Nath, S., ve Satpathy, G. R. (1998). A systematic approach for investigation of spray drying processes. *Drying Technology*, 16(6), 1173-1193.
- Roach, J. A., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. P., Kramer, J. K. (2002). Chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers. *Analytica Chimica Acta*, 465(1-2), 207-226.
- Roccia, P., Martínez, M. L., Llabot, J. M., Ribotta, P. D. (2014). Influence of spray-drying operating conditions on sunflower oil powder qualities. *Powder Technology*, 254, 307-313.
- Shamaei, S., Seiedlou, S. S., Aghbashlo, M., Tsotsas, E., Kharaghani, A. (2017). Microencapsulation of walnut oil by spray drying: Effects of wall material and drying conditions on physicochemical properties of microcapsules. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 101-112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.11.011>
- Tonon, R. V., Grosso, C. R., Hubinger, M. D. (2011). Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food Research International*, 44(1), 282-289.
- Torres-Giner, S., Martinez-Abad, A., Ocio, M. J., Lagaron, J. M. (2010). Stabilization of a nutraceutical omega-3 fatty acid by encapsulation in ultrathin electrosprayed zein prolamine. *Journal of Food Science*, 75(6), N69-N79.
- Velasco, J., Marmesat, S., Dobarganes, C., Márquez-Ruiz, G. (2006). Heterogeneous aspects of lipid oxidation in dried microencapsulated oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1722-1729.

**EVALUATION OF THE EFFECT OF CHITOSAN COATING ON
MICROBIOLOGICAL AND OXIDATIVE PROPERTIES OF REFRIGERATED
BEEF**

Halil Ibrahim Kahve*, Ayhan Duran

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

Received / Geliş: 17.06.2020; Accepted / Kabul: 04.11.2020; Published online / Online baskı: 20.11.2020

Kahve, H.I., Duran, A (2020). Evaluation of the effect of chitosan coating on microbiological and oxidative properties of refrigerated beef. GIDA (2020) 45(6) 1154-1162 doi: 10.15237/gida.GD20080.

Kahve, H.I., Duran, A (2020). Kitosan kaplamanın soğutularak saklanan etlerin mikrobiyolojik ve oksidatif özelliklerine etkisinin belirlenmesi. GIDA (2020) 45(6) 1154-1162 doi: 10.15237/gida.GD20080.

ABSTRACT

Beef is an animal food sensitive to deterioration with short shelf-life due to its rich nutrient content. Many studies concerned with the use of edible coating are carried out to increase the shelf life of beef. In this study, it was aimed to extend the shelf life of beef using chitosan. For this purpose, the bovine meat was coated with chitosan and stored at +4 °C for 7 days. Total mesophilic aerobic bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp. counts and thiobarbituric acid values were analyzed. As a result, it was found that the chitosan coating reduced the TMAB, *Pseudomonas* spp. counts and TBARS values ($P < 0.05$) and inhibited all *S. aureus* up to day 5 of storage. According to the data obtained from this study, it has been concluded that chitosan can be used as a bio-preservative in the meat industry due to the antimicrobial and antioxidative properties.

Keywords: Beef, chitosan, coating, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp., Thiobarbituric acid (TBARS).

**KİTOSAN KAPLAMANIN SOĞUTULARAK SAKLANAN ETLERİN
MİKROBİYOLOJİK VE OKSİDATİF ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

ÖZ

Sığır eti, zengin besin içeriğinden dolayı bozulmaya duyarlı ve kısa raf ömrüne sahip bir gıdadır. Bu nedenle, sığır etinin raf ömrünün artırılması için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların ise önemli bir kısmı yenilebilir film kaplamalar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada, kitosan film kullanılarak sığır etinin raf ömrünün uzatılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmada kullanılan sığır eti kitosanla kaplanmış ve + 4 °C'de buzdolabında saklanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı (TMAB), *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp. ve tiyobarbitürik asit (TBARS) sayısı analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, kitosan kaplamanın TMAB, *Pseudomonas* spp. ve TBARS sayısını düşürdüğü tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Ayrıca, kitosan depolamanın 5. gününde tüm *S. aureus* 'u inhibe etmiştir. Nitekim bu çalışmadan elde edilen verilere göre kitosanın antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı et endüstrisinde biyo-koruyucu olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kırmızı et, kitosan, kaplama, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp., Thiobarbituric acid (TBARS).

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: hibrahimkahve@gmail.com,

☎:(+90) 542 553 5277

☎:(+90) 382 288 3525

Halil Ibrahim Kahve; ORCID no: 0000-0001-6599-1309

Ayhan Duran; ORCID no: 0000-0002-4042-0988

INTRODUCTION

The dietary problems stemming from animal protein deficiency is of great importance to humans considering the rapidly growing human population. Therefore, as a food of animal origin, red meat species have an important role in human nutrition (Mehta *et al.*, 2015). Because of their properties (a suitable medium for microorganisms, suitable pH, high water activity, unsaturated fatty acid content, etc.), red meat types should be rapidly consumed and processed, which, if not, result in being confronted with the chemical, microbiological, and sensory spoilage of the products. Although spoilage affects the sensory properties such as color changes and putrefaction, chemical and microbiological spoilages are more of an issue than the deterioration of the sensory properties (Devatkal *et al.*, 2014). When meat samples are stored at temperatures above 20°C, growth of mesophilic bacteria gives rise to spoilage, and, at lower temperatures, the dominant microflora comprise of mostly Gram-negative psychotropic bacteria species of different genus, such as *Pseudomonas*, *Moraxella*, and *Acinetobacter*. While rapidly growing on meat pieces as a result of their short generation periods, the *Pseudomonas* species firstly utilize glucose and, then amino acids, which results in the formation of malodorous compounds such as methyl sulfide, esters, and acids. Among Gram-positive bacteria, *Staphylococcus aureus* usually contaminates red meat through secondary contamination. Although growth of bacteria and bacterial toxin production usually do not cause deterioration in food quality, staphylococci can cause food poisoning when the toxins produced manage to reach human intestines (Addis and Sisay, 2015).

The lipid oxidation in meat is among the causes of quality degradation (Sharma *et al.*, 2017). Hence, the formation of peroxide, aldehydes, hydrogen sulfide, and ammonia is among the most important chemical changes. Undesirable toxic compounds are formed due to the lipid oxidation in red meats, which could also affect proteins through the complex chain reaction mechanism. Thereby, lipid oxidation leads to decrement in protein solubility and discoloration

as well as losses in the nutritional value of meat (Estevez *et al.*, 2006; Ünal *et al.*, 2014). Along with their lipid content, muscle foods also contain approximately 1% phospholipids. Phospholipids are the first substrates of lipid oxidation and have a 100-fold greater surface area compared to triglycerides. Moreover, the unsaturation degree of phospholipids is much higher than that of fatty acids. The most susceptible compounds to the lipid oxidation in meat are the triglycerides that contain high amounts of phospholipids, free fatty acids, and unsaturated fatty acids, respectively (Decker *et al.*, 2005).

As it is the case in all food products, shelf-life is one of the most leading factors that demarcates the limits of quality and acceptability in meat and meat products. Red meats have a limited shelf life due to a multitude of reasons, which raises challenges in the transportation and storage (Olivera *et al.*, 2013). Today, certain systems including irradiation, microwave, ohmic and inductive heating, ultrasound, high-pressure, magnetic field, pulsed electric field, and ultraviolet light are used in meat preservation (Wang *et al.*, 2018). In recent years, edible coating materials are also used in food preservation (Aydin *et al.*, 2017). Thin-layered non-synthetic packaging materials that are formed on the surface of food products and consumed together with the food. Thin-layered non-synthetic packaging materials that are formed on the surface of food products and consumed together with the food, obtained from natural resources, and controls moisture, gas, and solid movements. Edible films or coatings, apply to the outer surface of foods or between the food layers to protect foods against external factors and increase their shelf-lives. (Işık *et al.*, 2013). Thanks to their low costs, requirement simple technology and efficient preservation, edible coatings are gaining popularity in the food industry (Beikzadeh *et al.*, 2020; Duran and Kahve, 2016).

Chitosan is one of the most important edible films used worldwide, which is produced by deacetylation of chitin (Abdou *et al.*, 2008; Kuzgun and İnanlı, 2013). As a compound obtained using various methods, the most prominent features of chitosan are attributable to

its antimicrobial and antioxidant properties. Considering these properties, the studies on the use of chitosan as an edible film to increase the shelf-life of foods were studied by several researchers (Singh *et al.*, 2015; Kaya *et al.*, 2016; Hasheminejad and Khodaiyan, 2020). Chitosan is a polysaccharide-based film, applied to the outer surface of foods and is effective in the control of the physiological, morphological, and physiochemical changes in foods (Duran and Kahve, 2016). Chitosan films can control oxygen and moisture permeability and have antioxidant and antimicrobial effects on the food they are applied to (Roller and Covill, 1999; Coma *et al.*, 2002). The most highly regarded hypothesis on the antimicrobial effect of chitosan associates its antimicrobial activity with its polycationic properties. Indeed, through its interaction with the negatively-charged substances, it is effective against molds, yeasts, and bacteria. The dissociation constant (pKa) value of glucosamine residues is 6.3. Thus, below pH 6.3, the positive charge of the NH_3^+ group on the C-2 position of the glucose monomer of chitosan electrostatically interacts with the negatively-charged microbial cell membranes. This disrupts the integrity of the microbial membranes and therefore results in the separation of the cellular components from the cytoplasm and the ensuing leakage of these components from the cell wall (Liu *et al.*, 2004).

In this study, chitosan coating was applied to beef and stored in the refrigerator at 4 ± 1 °C. The aim of this study was to investigate the microbiological and oxidative changes as well as increasing shelf life of the beefs.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of the meat samples and chitosan solution

In this study, the meat prepared from the loin (*longissimus lumborum*) of the bovine was used and collected from local market. Composition of meats were determined as follows; 4.01 g fat and 18.97 g protein per 100 g. The pH value measured on the first day was 6.3. Beefs were divided into two groups as coated with chitosan and uncoated. Six samples were prepared for each group, which included 100 g of cubes of meat (2x2 cm). The

storage period was selected to be 7 days at 4 °C and microbiological and chemical analyses were carried out on days 0, 3, 5, and 7.

Chitosan (moderate molecular weight and can dissolve in organic acids) was purchased from Sigma Aldrich (448877, USA). Chitosan solution was prepared with 2% acetic acid and 10 gr chitosan dissolved slowly in 500 mL acetic acid then stirred for two days in a magnetic stirrer (Velp Scientifica, F20520165, EU); hence, the concentration of the chitosan was adjusted to 2% (Cruz-Romero *et al.*, 2013).

The beef samples were immersed in the chitosan solution for 1 minute so that all surfaces are contacted with the solution. To allow the solution to dry on the meat surface, the samples were kept 1 h in a cabinet with cold air flow (Alveo KT, ASE.01, Turkey).

Microbiological analyses

For the microbiological analyses, 10 g of meat sample was homogenized with 90 ml of Maximum Recovery Diluent (Merck, 112535) in a stomacher (MAYO, HG-400, Australia). Appropriate dilutions were plated to get total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) counts as previously described by Duran and Kahve (2020) in detail. Baird Parker Agar (BPA, Sigma Aldrich) was used for *Staphylococcus aureus*. The selected colonies were subjected to a coagulase assay and verified. In the *Staphylococcus aureus* analysis, the incubation temperature was 37 ± 2 °C for 48 h. After incubation, the black colonies with a clear zone were identified to be *Staphylococcus aureus* (ISO 6888-1, 1999). Additionally, *Pseudomonas* spp. count (ISO 13720, 2010) were determined using *Pseudomonas* Selective Agar Base (CFC agar, Merck) which was incubated at $30^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ for 72 h. The blue-violet colonies surrounded by red-violet-colored zones were counted. The bacterial counts were given in cfu/g.

Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) analyses

Ten grams of beef samples were transferred to a stomacher (MAYO, HG-400, Australia) bag to be homogenized for 10 minutes. Then, a 4 N HCl

solution was added for the distillation process and 5 mL of TBA was added after the distillation. The distillates were placed in a boiling water bath and kept for 35 minutes and after than transferred to spectrophotometer tubes to measure the optical density. The density value obtained was multiplied by 7.80 and the results were given as mg of malonaldehyde in a 1000 gram sample (Tarladgis *et al.*, 1960).

Statistical analyses

All the experiments were triplicated, and SPSS Statistics Software (version 22, SPSS Inc.,

Chicago, USA) was performed for statistical analysis of variance (ANOVA). To compare two treatments, *t*-test was used, and ANOVA was used to evaluate the effect of storage. Differences among mean values were considered significant when $P < 0.05$ (Duncan, 1955).

RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained from the study obtained is given in Table 1. The changes both within the groups and against time were investigated.

Table 1. The microbial and chemical changes in the beef during storage (4 ± 1 °C)

	0. Day	3. Day	5. Day	7. Day
Total mesophilic aerobic bacteria (log cfu/g)				
Normal meat	4.51 ± 0.08^{d1}	5.44 ± 0.05^{c1}	5.79 ± 0.17^{b1}	6.02 ± 0.08^{a1}
Chitosan coated Meat	4.51 ± 0.08^{b1}	4.71 ± 0.06^{a2}	4.52 ± 0.16^{b2}	4.78 ± 0.18^{a2}
<i>Staphylococcus aureus</i> (log cfu/g)				
Normal meat	1.00 ± 1.09^{b1}	1.46 ± 1.14^{b1}	2.05 ± 1.030^{a1}	2.62 ± 0.21^{a1}
Chitosan coated meat	1.00 ± 1.09^{a1}	0.46 ± 0.81^{b2}	ND	ND
<i>Pseudomonas</i> spp. (log cfu/g)				
Normal meat	2.01 ± 0.01^{d1}	3.52 ± 0.22^{c1}	4.76 ± 0.15^{b1}	6.11 ± 0.09^{a1}
Chitosan coated meat	2.01 ± 0.01^{d1}	2.56 ± 0.07^{c2}	3.11 ± 0.26^{b2}	3.67 ± 0.14^{a2}
TBARS value (mg/1000g)				
Normal meat	0.22 ± 0.01^{d1}	0.71 ± 0.01^{c1}	0.87 ± 0.06^{b1}	1.12 ± 0.12^{a1}
Chitosan coated meat	0.22 ± 0.01^{c1}	0.44 ± 0.02^{b2}	0.40 ± 0.05^{b2}	0.63 ± 0.06^{a2}

ND not detected.

Each value represents the mean of 6 samples \pm standard deviation.

Bearing different superscripts row wise (alphabet) and column wise (numeral) differ significantly ($P < 0.05$).

The results revealed that the TMAB count in normal meat continuously increased during seven days of storage while, in the chitosan-coated group, the value at the 5th day of storage was close to the value at the first day. The increase in the TMAB count of the chitosan-coated meat was not high despite the considerable increase in the TMAB count of the non-chitosan-coated beefs ($P < 0.05$). The difference between the TMAB counts at the day zero and at the fifth day of

storage was not statistically significant. The difference between the chitosan-coated samples and non-chitosan-coated samples reached a statistically significant level on the third day of the storage.

The *Staphylococcus aureus* counts in non-coated meat samples continuously increased during seven days of storage. The increases in the microorganism count both at the day zero and at

the seventh day of storage were statistically significant, while the microorganism count in the chitosan-coated group decreased in the third day and eventually reached zero in the fifth day.

The results indicated that the *Pseudomonas* spp. counts both in the normal meats and in the chitosan-coated meats significantly increased during storage. However, at the end of the storage, the *Pseudomonas* spp. count in the chitosan-coated group remained at a level that is half of non-coated group.

Table 1 shows that, at the end of the 7-day storage, the TBARS value in the normal meat was about 5-fold the initial level, while in the chitosan-coated group, the TBARS value increased on the 3rd day, remained constant on the 5th day, and re-increased on the 7th day. The increase in the TBARS value of the chitosan-coated group was 3-fold the initial level. The comparison between the coated and the non-coated group revealed that, at the end of the storage period, the difference between the groups was statistically significant.

The TMAB count in the chitosan-coated meats was lower than that of non-coated group. In a study in which chitosan was applied to ready-to-cook muttons using the coating material, the meats were stored for 14 days. In the meat samples, the initial TMAB value of 6.1 log cfu/g was reduced to 3.4 - 6.1 log cfu/g at the end of the storage (Kanatt *et al.*, 2013). In another study, meatballs were coated with chitosan and stored for 10 days and the number of TMAB was found close on the first day (İncili *et al.*, 2020). As seen in studies based on chitosan, it was successful at halting the increase of the TMAB count, which agrees with the results obtained in this study. The reason for this can be attributed to the potent antimicrobial and antifungal properties of chitosan. Although the antimicrobial property of chitosan was attributed to its polycationic properties, it may also be due to its chelator-like behavior, water-binding properties, activating the defense processes in the host tissue, and inhibiting mRNA synthesis through entering the nucleus (Liu *et al.*, 2004).

The differences between the groups that emerged at the end of the storage period revealed that

chitosan had an inhibitory effect on *Staphylococcus aureus*. In another study on chitosan-coated meats, the meats were stored 48 h at 30° C and 10 days at 4° C; the *Bacillus subtilis* IFO 3025, *Escherichia coli* RB, *Pseudomonas fragi* IFO 3458, and *Staphylococcus aureus* LAM 1011 bacteria were analyzed and the results showed that chitosan inhibited the growth of these bacteria species (Darmadji and Izumimoto, 1994). In a study in which chitosan was mixed with garlic oil, potassium sorbate, and nisin at certain concentrations, the activities of *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella trphimurium*, *L. monocytogenes*, and *B. cereus* were measured and the results showed that chitosan had an antimicrobial effect on all microorganisms (Pranoto *et al.*, 2005). In another study in which chitosan and peppermint were used as a complex, the *E. coli*, *P. fluorescens*, *S. trphimurium*, *S. aureus*, and *B. cereus* bacteria were analyzed. The researchers determined whether the mixture they used influenced microbial activity. The initial *S. aureus* concentration of 6 log cfu/g was reduced to zero in a 24-hour period (Kanatt *et al.*, 2008). In a study focusing on increasing the shelf-life of minced meat, the meats stored at +3°C was treated with chitosan and the researchers determined that chitosan had an inhibitory effect on *E. coli*, *S. aureus*, and *S. enteritidis* (Dehnad *et al.*, 2014). The results obtained in these studies are in agreement with the results obtained in this study. The bacteriostatic effect of chitosan on *S. aureus* was attributed to its antimicrobial and antifungal properties.

The results showed that the *Pseudomonas* spp. count in the chitosan-coated group was reduced. In a study in which modified packaging and antimicrobial packaging were combined to increase the shelf-life of beefsteaks, at the end of the 12-day storage period, the *Pseudomonas* spp. count in the control group increased from 2.16 log cfu/g to 7.21 log cfu/g. In the modified atmosphere-applied samples, the *Pseudomonas* spp. count was reduced from 1.79 log cfu/g to 1.58 log cfu/g. In the antimicrobial packaging group prepared by using nisin, the *Pseudomonas* spp. count increased from 1.72 log cfu/g to 7.77 log cfu/g (Storia *et al.*, 2012). The comparison of the study carried out by Storia (2012) to this study

reveals that, in reducing the *Pseudomonas* spp. count, chitosan coating could be more effective than nisin. In another study in which the combinations of the *Rosmarinus officinalis* essential oil with different packaging methods were used to increase the shelf-life of cold-stored bovine meats, at the end of the 10-day storage period, the *Pseudomonas* spp. count in the beefs to which active packaging and the *Rosmarinus officinalis* essential oil were applied increased from 2.5 log cfu/g to 7.4 log cfu/g (Sirocchi *et al.*, 2017). The comparison of the study carried out by Sirocchi (2017) to this study reveals that chitosan was more effective than active packaging with *Rosmarinus officinalis* essential oil in reducing the *Pseudomonas* spp. count.

Chitosan is known to affect both Gram-positive and Gram-negative bacteria. Among the bacteria affected by chitosan, Gram-positive bacteria are *Staphylococcus saprophyticus*, *Bacillus cereus*, and *Listeria monocytogenes*; Gram-negative bacteria are *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae*, and *Vibrio parahaemolyticus* (Rejane *et al.*, 2009). Here, the action mechanism of chitosan is thought to be either through selective binding to metals or through the inhibition of mRNA synthesis by binding to DNA through entering the nuclei of microorganisms (Liu *et al.*, 2004). Moreover, the relatively higher antimicrobial activity of chitosan against Gram-positive bacteria compared to Gram-negative bacteria was also observed in the relevant studies (Kenawy *et al.*, 2020; No *et al.*, 2002; Goy *et al.*, 2009)

As seen in the Table 1, chitosan reduced the TBARS values. In a study in which chitosan was used to coat meats, the researchers reported that chitosan reduced lipid oxidation and putrefaction (Darmadji and Izumimoto, 1994). In another study, by examining the TBARS value in chitosan-coated and non-chitosan-coated ready-to-cook meat samples, the researchers determined that the TBARS value in all chitosan-coated samples was lower than that in non-coated samples (Kanatt *et al.*, 2008). In another study carried out with silver carp, the fish were coated with chitosan and

stored 30 days at -3° C; the TBARS analysis of the samples showed that TBARS value in all non-coated samples was higher than those in the chitosan-coated samples (Fan *et al.*, 2009). These results agree with the results obtained in this study. TBARS value is a parameter that can measure lipid oxidation in meats. Chitosan formed a barrier by covering the surface of the red meats and thereby disconnected the food from the oxygen in the air and reduced the oxidation of the lipids in meat (Liu *et al.*, 2004). Through this barrier, the TBARS value was reduced in all chitosan groups when compared to normal meat.

CONCLUSION

There are many studies regarding chitosan's application on different food matrixes. The present study contributed these efforts by investigating the antimicrobial and antioxidative effects of chitosan on bovine meat samples. The results revealed that chitosan reduced the TMAB and *Pseudomonas* spp. counts while the number of *Staphylococcus aureus* eventually reached zero thanks to the bacteriostatic effect of chitosan. It also maintained the TBARS value, an indicator of the oxidative degradation, at a relatively low level compared to the control group. In conclusion, the study provided proofs of both the antimicrobial and barrier properties of chitosan. Future studies should focus on its use and applications at an industrial scale.

CONFLICT OF INTEREST

There are no possible conflicts of interest between the authors.

AUTHOR CONTRIBUTION

Halil İbrahim KAHVE performed the analyses and wrote the article. Ayhan DURAN directed the study.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the fact that a large part of the work was supported by Aksaray University Scientific Research Projects (Project No: 2015-015).

REFERENCES

- Abdou, E.S., Nagy, K.S.A., Elsabee, M.Z. (2008). Extraction and characterization of chitin and chitosan from local sources. *Bioresour Technol.* 99 (5), 1359–1367, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.051>.
- Addis, M., Sisay, D. (2015). A Review on Major Food Borne Bacterial Illnesses. *J Trop Dis* 3 (4), 1-7, doi:10.4176/2329891X.1000176
- Aydin, F., Kahve, H. I., Ardic, M. (2017). Lipid-based edible films. *J Sci Eng Res.* 4 (9), 86-92.
- Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S.M., Pilevar, Z., Mortazavian, A. M. (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Adv Colloid Interface Sci.* 102164, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102164>
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., Deschamps, A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Sci.* 67(3), 1162-1169, <https://doi.org/10.1111/j.13652621.2002.tb09470.x>.
- Cruz-Romero, M.C., Murphy, T., Morris, M., Cummins, E., Kerry, J. P. (2013). Antimicrobial activity of chitosan, organic acids and nano-sized solubilisates for potential use in smart antimicrobially-active packaging for potential food applications. *Food Control*, 34(2), 393-397, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.04.042>.
- Darmadji, P., Izumimoto, M. (1994). Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Sci*, 38(2), 243-254, [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90114-7](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90114-7).
- Decker, E.A., Warner, K., Richards, M.P., Shahidi, F. (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *J Agric Food Chem*, 53(10), 4303-4310, <https://doi.org/10.1021/jf058012x>.
- Dehnad, D., Mirzaei, H., Djomeh, Z.E., Jafari, S.M. (2014). Thermal and antimicrobial properties of chitosan-nanocellulose films for extending shelf life of ground meat, *Carbohydr Polym*, 109, 148-154, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.03.063>.
- Devatkal, S.K., Thorat, P., Manjunatha, M. (2014). Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets, *J Food Sci Technol*, 51(10), 2685–2691, <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0753-5>.
- Duncan, D.B. (1955). Multiple Rang and Multiple F Test. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Duran, A., Kahve, H. I. (2016). The use of chitosan as a coating material. *Academic Journal of Science.* 5(1), 167-172.
- Duran A, Kahve H.I. (2020). The effect of chitosan coating and vacuum packaging on the microbiological and chemical properties of beef. *Meat Sci*, 162, 107961, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107961>.
- Estevéz, M., Ventanas, S., Cava, R. (2006). Effect of natural and synthetic antioxidants on protein oxidation and colour and texture changes in refrigerated stored porcine liver pate. *Meat Sci*, 74(2), 396-403, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.010>.
- Fan, W., Sun J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., Chi, Y. (2009). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chem*, 115(1), 66-70, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.060>.
- Goy, R.C., Britto, D.D., Assis, O.B. (2009). A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros*, 19(3), 241-247. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282009000300013>
- ISO, 13720 (2010) Preview. Meat and meat products -- Enumeration of presumptive *Pseudomonas* spp.
- ISO, 6888-1 (1999). Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species).
- Işık, H., Dağhan, Ş., Gökmen, S. (2013). Gıda endüstrisinde kullanılan yenilebilir kaplamalar üzerine bir araştırma. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi.* 8(1): 26-35.

- İncili, G.K., Karatepe, P., İlhak, O.İ. (2020). Effect of chitosan and *Pediococcus acidilactici* on *E. coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in meatballs. *LWT - FOOD SCI TECHNOL*, 117, 108706, <https://doi.org/10.1016/j.LWT - Food Sci Technol.2019.108706>.
- Kanatt, R.S., Chander, R., Sharma, A. (2008). Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. *Food Chem*, 107(2), 845-852, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.088>.
- Kanatt, R.S., Rao, M.S., Chawla, S.P., Sharma, A. (2013). Effects of chitosan coating on shelf-life of ready-to-cook meat products during chilled storage. *LWT - FOOD SCI TECHNOL*, 53(1): 321-326, <https://doi.org/10.1016/j.LWT - Food Sci Technol.2013.01.019>.
- Kaya, M., Česonienė, L., Daubaras, R., Leskauskaitė, D., Zabulionė, D. (2016). Chitosan coating of red kiwifruit (*Actinidia melanandra*) for extending of the shelf life. *Int J Biol Macromol*, 85, 355-360. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.012>
- Kenawy, E.R., Abdel-Hay, F.I., Tamer, T.M., Ibrahim, E.A.E., Eldin, M.M. (2020). Antimicrobial activity of novel modified aminated chitosan with aromatic esters. *Polymer Bulletin*, 77(4), 1631-1647. <https://doi.org/10.1007/s00289-019-02816-w>
- Kuzgun, K.N., İnanlı, G.A. (2013). Kitosan üretimi ve özellikleri ile kitosanın kullanım alanları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 6 (2): 16-21.
- Liu, H., Du, Y., Wang, X., Sun, L. (2004). Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *Int J Food Microbiol*, 95(2), 147-155, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.022>.
- Mehta, N., Ahlawat, S.S., Sharma, D.P., Dabur, R.S. (2015). Novel trends in development of dietary fiber rich meat products-a critical review. *J Food Sci Technol*, 52(2): 633-647, <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1010-2>.
- No, H.K., Park, N.Y., Lee, S.H., Meyers, S. P. (2002). Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *Int J Food Microbiol*, 74(1-2), 65-72. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00717-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00717-6)
- Olivera, D.F., Bambicha, R., Laporte, G., Cardenas, F.C., Mestorino, N. (2013). Kinetics of colour and texture changes of beef during storage. *J Food Sci Technol*, 50(4): 821-825, <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0885-7>.
- Pranoto, Y., Rakshit, S.K., Salokhe, V.M. (2005). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT - Food Sci Technol*, 38(8), 859- 865, <https://doi.org/10.1016/j.LWT - Food Sci Technol.2004.09.014>.
- Rejane, C.G., Douglas, D.B., Odilio, B.G.A. (2009). A Review of the Antimicrobial Activity of Chitosan, *Polímeros*. 19(3): 241-247, <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282009000300013>.
- Roller, S., Covill, N. (1999). The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *Int J Food Microbiol*. 47: 67-77, [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(99\)00006-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00006-9).
- Sharma, H., Mendiratta, S.K., Agarwal, R.K., Kumar, S., Soni, A. (2017). Evaluation of anti-oxidant and anti-microbial activity of various essential oils in fresh chicken sausages, *J Food Sci Technol*, 54(2): 279-292, <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2461-z>.
- Singh, T.P., Chatli, M.K., Sahoo, J. (2015). Development of chitosan based edible films: process optimization using response surface methodology, *J Food Sci Technol*, 52(5): 2530-2543, <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1318-6>.
- Sirocchi, V., Devlieghere, F., Peelman, N., Sagratini, G., Maggi, F., Vittori, S., Ragert, P. (2017). Effect of Rosmarinus officinalis L. Essential oil combined with different packaging conditions to extend the shelf life of refrigerated beef meat. *Food Chem*, 221, 1069-1076, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.054>.

Sitoria, A.L., Ferrocino, I., Torrieri, E., Monaco, R.D., Mauriello, G., Villani, F., Ercolini, D. (2012). A combination of modified atmosphere and antimicrobial packaging to extend the shelf-life of beefsteaks stored at chill temperature. *Int J Food Microbiol*, 158(3), 186-194, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.07.011>.

Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T., Dugan, L.R. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J Am Oil Chem. Soc.* 37(1): 44-48, <https://doi.org/10.1007/BF02630824>.

Ünal, K., Babaoğlu, A.S., Karakaya, M. (2014). Effect of oregano, sage and rosemary essential oils on lipid oxidation and color properties of minced beef during refrigerated storage. *J Essent Oil-Bear Plants*, 17(5), 797-805, <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.956803>.

Wang, H.H., Chen, J., Bai, J., Lai, J. (2018). Meat packaging, preservation, and marketing implications: Consumer preferences in an emerging economy. *Meat Sci*, 145, 300-307, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.022>.



ADANA İLİNDE YETİŞTİRİLEN GEMLİK ÇEŞİDİ ZEYTİN MEYVESİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN VE AROMA BİLEŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülcan KOYUNCU¹, Turgut CABAROĞLU^{2*}

¹Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Kilis, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Geliş / *Received*: 24.07.2020; Kabul / *Accepted*: 09.11.2020; Online baskı / *Published online*: 20.11.2020

Koyuncu, G., Cabaroğlu, T. (2020). Adana ilinde yetiştirilen gemlik çeşidi zeytin meyvesinin kalite özelliklerinin ve aroma bileşiklerinin belirlenmesi. *GIDA* (2020) 45(6) 1163-1174 doi: 10.15237/gida.GD20092

Koyuncu, G., Cabaroğlu, T. (2020). Determination of quality parameters and volatile compounds of gemlik olive variety grown in Adana. GIDA (2020) 45(6) 1163-1174 doi: 10.15237/gida.GD20092

ÖZ

Bu çalışmada Adana’da yetiştirilen hem sofralık hem de yağlık olarak işlenebilen Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin kalite özellikleri ve aroma bileşimi araştırılmıştır. Zeytinin aroma bileşikleri purge&trap yöntemi ile ekstrakte edilmiş ve GC-MS/FID ile tanımlanmış ve miktarları hesaplanmıştır. Gemlik zeytininin olgunluk indisi 4.84, et/çekirdek oranı 5.67, kilogramdaki tane sayısı 295, pH değeri 5.40, %asitlik değeri 0.20, şeker miktarı %2.77, yağ miktarı %24.66 olarak belirlenmiştir. Yağ asidi kompozisyonu içerisinde en yüksek orana oleik asit (%66.1) sahip olmuş, bunu sırasıyla palmitik ve linoleik asit takip etmiştir. Zeytin meyvesinde 46 adet aroma bileşiği tanımlanmış ve bunların toplam miktarı 2681.29 µg/kg bulunmuştur. En fazla sayı ve miktarda bileşiğin bulunduğu gruplar; yüksek alkoller, uçucu asitler, aldehytlar, ketonlar ve uçucu fenollerdir. En yüksek oranda bulunan aroma bileşiği grubu yüksek alkoller (%44.61) olurken, bileşimde en baskın bileşikler sırasıyla 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon, 2-bütoksietanol ve (E,E)-α-farnesen olmuştur.

Anahtar kelimeler: Gemlik, zeytin, kalite, aroma, purge&trap

DETERMINATION OF QUALITY PARAMETERS AND VOLATILE COMPOUNDS OF GEMLIK OLIVE VARIETY GROWN IN ADANA

ABSTRACT

In this study, the quality parameters and volatile compounds of Gemlik olive variety, which can be used both as table and olive oil, were investigated. The aroma compounds of the olives were extracted by purge&trap method and identified by GC/MS, quantified by GC/FID. The ripening index of Gemlik olives was determined as 4.84, flesh/pit ratio was 5.67, number of fruit/kg was 295, pH value was 5.40, titrable acidity was 0.20, sugar amount was 2.77%, oil amount was 24.66%. The largest proportion in the fatty acid composition was oleic acid (%66.1), followed by palmitic and linoleic acid, respectively. 46 volatile compounds were identified in olive, their total amount was found to be 2681.29 µg/kg. The main volatile groups identified in olive were higher alcohols, volatile acids, volatile phenols, aldehydes and ketones. While the highest amount of volatile compound group was higher alcohols (44.61%), the abundant compounds were 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanone, 2-butoxyethanol, (E,E)-α-farnesen, respectively.

Keywords: Gemlik, olive, quality, volatile compounds, purge&trap

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ tcabar@cu.edu.tr,

☎ (+90) 322 338 6997

☎ (+90) 322 338 6614

Gülcan Koyuncu; ORCID no: 0000-0001-7406-5331

Turgut Cabaroğlu; ORCID no: 0000-0003-1489-9929

GİRİŞ

Zeytin Oleaceae (zeytingiller) familyasına dahil olup, bu familyanın dünya üzerinde 25 cinsi ve yaklaşık 600 türü bulunmaktadır. Yenilebilir meyvesi olan tek tür, kültür zeytininin dahil olduğu *Olea europaea*'dir. Bu türün ülkemizde iki varyetesi mevcuttur. Bunlar; *Olea europaea* var. *oleaster* (delice, erkek zeytin, yabani zeytin) ve *Olea europaea* var. *sativa* (aşılı zeytin, kültür zeytini)'dir (Alçıtepe ve Tokuşoğlu, 2016; Dıraman ve Gürbüz-Veral, 2017). Dünyadaki zeytin ağacı varlığının %98'i Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu Akdeniz havzasındadır (Zeytin vd., 2008; Erbay vd., 2010).

Zeytin, düşük miktarda şeker içeriği, yüksek oranda yağ miktarı ve kendine has acı tadı veren oleuropein ile diğer meyvelerden ayrılmaktadır (Irmak vd., 2010). Akdeniz beslenme kültüründe, fenolik bileşimi sayesinde zeytin, fonksiyonel bir özellik kazanmaktadır. Zeytin minör bileşenlerden dolayı antikanserijenik, antimikrobiyal, antioksidan, antienflamatuar ve antiviral, özellik göstermektedir (Pistarino vd., 2013).

Ülkemizde 88 zeytin çeşidinin olduğu bilinmektedir (Aktan ve Kalkan-Yıldırım, 2012). Bu çeşitlerden Gemlik, Ayvalık ve Memecik dışında kalanların üretim miktarları oldukça azdır (Kara ve Özbaşı, 2013; Anonymous, 2016). Gemlik çeşidi ülkemizde geniş bir yayılım alanına sahiptir ve ağaç varlığının %11'lik kısmını oluşturur. Ağaç sayısında Memecik ve Ayvalık'tan sonra üçüncü sıradadır (Yıldız, 2014). Bu çeşidin, kabuğu ince ve etine yapışık, et kalınlığı fazla, çekirdeği küçüktür ve oldukça aromatiktir (Aktan ve Kalkan-Yıldırım, 2012). Uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler zeytin meyvesinin aromasından sorumludurlar. Zeytinde hidrokarbonlar, yüksek alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler ve diğer uçucu bileşenler hoş koku oluşturan bir denge halinde bulunmaktadır (Malheiro vd., 2010; Cabaroğlu ve Koyuncu, 2019).

Akdeniz Bölgesi Türkiye zeytin üretiminde 3. olup, toplam üretimin %18'ini karşılamaktadır. Bu bölgede en fazla zeytin üretimi yapan iller ise Hatay, Mersin, Osmaniye ve Adana'dır. Adana ili

2015 yılında 16.63 ton zeytin üretimi gerçekleştirmiştir (Leventdurur, 2017).

Daha önceki çalışmalara bakıldığında Çukurova Bölgesinde yetiştirilen zeytinlerin kalite ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmesine rağmen aroma bileşikleriyle ilgili bir araştırma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Adana ilinde yetiştirilen Gemlik çeşidi zeytinin olgunluk durumunun, fiziksel, kimyasal özelliklerinin ve aroma bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Adana ili İmamoğlu ilçesindeki 400 dekarlık bir bahçeden temin edilen Gemlik çeşidi siyah zeytinler kullanılmıştır. Siyah zeytinler işleme olgunluğuna ulaşıncaya (kabuk rengi mor-siyah ve siyahlaşma kabuktan meyve etine geçmiş) aynı yetiştirme koşullarına sahip farklı ağaçlardan rastgele 350 kg hasat edilmiş ve hemen Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'na getirilerek örneklendirme yapılmıştır.

Fiziksel Analizler

Hasat edilen zeytin meyvelerinin olgunluk indisi meyve yüzeyi ve et rengine göre Göğüş ve Yıldırım (2009)'ın belirttiği şekilde yapılmıştır. Kilogramdaki tane sayısı ve et/çekirdek oranı Akpınar (1994)'a göre tespit edilmiştir. Zeytinlerin renk ölçümünde CIE L*, a*, b* renk değerleri Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir (MacDougall, 2002). Hue (renk tonu), ΔC (doğunluk) ve ΔE (toplam renk) değerleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır (Artes vd., 2002).

$$\text{Hue} = \arctg(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$\Delta C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

$$\Delta E = [(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Kimyasal Analizler

Zeytinin pH değeri potansiyometrik olarak cam elektrotlu dijital pH-metre (Mettler Toledo, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir. Asitlik

tayininde ise meyveden elde edilen süzüntü N/10'luk NaOH ile pH derecesi 8.1'e kadar titre edilmiş laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2013). Kurumadde tayini gravimetrik, tuz tayini Mohr, şeker tayini Luff-Scroll, yağ tayini Soxhlet Ekstraksiyon yöntemleriyle yapılmıştır (Cemeroğlu, 2013).

Zeytinlerden elde edilen yağların yağ asidi bileşiminin belirlenebilmesi için öncelikle numuneler Ichihara vd. (1996)'da açıklanan şekilde yağ asidi metil esterleri formuna dönüştürülmüştür. Hazırlanan esterler, üzerinde alev iyonlaştırılmalı dedektöre (FID) bağlı 60 m uzunluk \times 1.25 mm iç çap \times 0.20 μ m film kalınlığına sahip bir DB-23 kapiler kolon bulunan bir gaz kromatografi cihazına (Agilent HP 6890-ABD) enjekte edilmiştir. Zeytinyağı örneklerinden elde edilen pikler ile standart karışımındaki yağ asidi metil esterleri piklerinin alıkonma süreleri karşılaştırılarak (dış standart yöntemi) örneklerin yağ asidi profili % olarak belirlenmiştir. Gaz kromatografi cihazı parametreleri ise: Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: 230 °C, dedektör sıcaklığı: 250 °C, akış modu: split (split oranı 1:100), taşıyıcı gaz: helyum, sıcaklık programı: 120°C'de 1 dk., 175°C'ye kadar 10°C/dk.'lık artış, 175°C'de 10 dk, 210°C'ye kadar 5°C/dk.'lık artış, 210°C'de 5 dk, 230°C'ye kadar 5°C/dk.'lık artış, 230°C'de 17 dk.

Acılık (oleuropein) tayini ise Diez vd. (1972)'nin belirttiği şekilde spektrofotometrik yöntemle (Shimadzu UV-1700, Japonya) 345 nm dalga boyunda absorbansı belirlenerek yapılmıştır.

Aroma Bileşikleri Analizi

Zeytinin aroma bileşiklerinin ekstraksiyonu Rodriguez-Bencomo vd. (2015)'e göre, modifiye edilmiş 'Purge&Trap' yöntemi ile yapılmıştır. Ekstraksiyon için parçalayıcıda homojen hale getirilmiş 10 g zeytin örneği, 40 ml'lik viallere konulmuş ve 60°C' lik su banyosunda 10 dk bekletilmiştir. İşlemden önce tuzaklardan 5 ml diklorometan çözgeni geçirilerek şartlandırılmıştır. Isıtma işleminden sonra, viallerden dakikada 500 ml olacak şekilde azot gazı geçirilmiş ve 60°C'de 90 dk işlem devam ettirilmiştir. Aroma maddelerinin tuzağa

tutturulması sağlanmıştır. Süre sonunda tuzak çıkartılmış ve 5 ml diklorometan çözgeni ile yıkanmıştır. Aroma maddeleri çözgen içerisine alınmıştır. İç standart olarak 5 μ l 4-nonanol ilave edilmiştir. Aroma maddelerini içeren çözgen faz 40°C'deki sıcak su banyosunda 0.5 ml kalıncaya kadar konsantre edilmiştir. Konsantre halde elde edilen aromatik ekstrakt doğrudan GC/MS' e enjekte edilmiştir. Analizler 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Aroma maddelerinin miktar tayini "Agilent 6890" GC-FID (ABD) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (60 m \times 0.25 mm \times 0.4 μ m) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör sıcaklığı 220°C, dedektör sıcaklığı 250°C, kolon sıcaklığı ise 60°C'de 3 dk beklemeden sonra, dakikada 2°C artarak 220°C'ye ve daha sonra dakikada 3°C artarak 245°C'ye çıkartılarak, bu sıcaklıkta 20 dk sabit kalacak şekilde ayarlanmıştır. Cihaza enjekte edilen örnek miktarı 3 μ l'dir. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 1.5 ml/dk, dedektör ve enjektör sıcaklıkları ise 250°C'dir.

Aroma bileşiklerinin tanımlanması gaz kromatografisine bağlı "Agilent 5975B VL MSD" (ABD) marka kütle spektrometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör tipi ve sıcaklık programı gaz kromatografisi ile aynı koşulları taşımaktadır. Taşıyıcı gaz olarak kullanılan helyumun hızı 1.5 ml/dk'dır. Piklerin tanısında kütle spektroskopisinin kütüphanesi (MS) ve aroma maddeleri standartlarından (Std) faydalanılmıştır. Piklerin tanısında kütüphane olarak Wiley 7.0, NIST-98, ve Flavor 2L kullanılmıştır. Aroma maddelerinin konsantrasyonları, iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Schneider vd., 2001).

$$Ci : (Ai / Ast) \times Cst \times RF \times HF \quad (4)$$

Ci: Bileşiğin konsantrasyonu

Ai: Bileşiğin pik alanı

Ast: İç standardın pik alanı

Cst: İç standardın konsantrasyonu (45.45 μ g/100 ml)

RF: Cevap faktörü (cevap faktörü 1 olarak alınmıştır)

HF: Hesaplama faktörü (örnek miktarının kg'a çevrilmesi için faktör:100)

BULGULAR VE TARTIŞMA**Zeytin Meyvesinin Fiziksel Özellikleri**

Gemlik çeşidi zeytinlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla; olgunluk indisi, kilogramdaki tane sayısı, et/çekirdek oranı ve renk değerleri (L^* , a^* , b^* , Hue, ΔC) belirlenmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Bu özellikler, ürünün kalitesinin belirlenmesinde ve fiyatlandırılmasında önem taşımaktadır (Uylaşer vd., 2008). Çeşit, olgunluk, iklim ve tarımsal uygulamalara bağlı olarak bu özellikler değişim göstermektedir (Yıldız, 2014). Olgunluk indisi hasat zamanını belirlemek için önemli bir göstergedir (Erdoğan, 2014). Doğal salamura yöntemiyle işlenecek zeytinler için olgunluk indisinin yaklaşık 5 olması istenmektedir (Öztürk-Güngör, 2017). Çizelge 1'de görüldüğü gibi, araştırmada kullanılan Gemlik zeytininin olgunluk indisi değeri 4.84 olarak tespit edilmiştir. Çeşitli araştırmalarda Gemlik çeşidinin olgunluk indisi Erdoğan (2014) tarafından 5.36, Irmak (2015) tarafından 5.02, Öztürk-Güngör (2010) tarafından 4.99 olarak bildirilmiştir.

Çizelge 1. Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin fiziksel özellikleri

Table 1. Physical properties of Gemlik olive variety

Olgunluk İndisi	4.84±0.02*
Ripening Index	
Kilogramdaki Tane Sayısı	295±7.07
Number of Fruit/kg	
Et/Çekirdek Oranı	5.67±0.12
Flesh/Pit Ratio	
L^*	28.20±0.37
a^*	8.12±0.06
b^*	1.48±0.11
Hue	10.35±0.65
ΔC	8.26±0.08

*Ortalama değer ± standart hata.

*Average value ± standard deviation.

Sofralık zeytin üretiminde kullanılan zeytinlerin kilogramdaki tane sayısı 295 olarak bulunmuştur. Bu değer Gemlik çeşidi için diğer çalışmalarda 226 ile 330 adet arasında değişmiştir (Akpınar, 1994; Özay ve Borçaklı, 1996; Uylaşer ve Şahin, 2004; Öztürk-Güngör, 2010; Irmak, 2015). Örneklerin et/çekirdek oranı ise 5.67 olarak belirlenmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda Gemlik çeşidinde bu

değer 2.39-6.86 aralığındadır (Başer ve Kılıç, 1987; Akpınar, 1994; Özdemir, 2011; Erdoğan, 2014; Yıldız, 2014; Irmak, 2015). Buna göre çalışmada kullanılan zeytinlerin küçük çekirdekli, etli ve iri olduğu söylenebilir.

Gemlik zeytininin L^* değeri 28.20 olarak bulunmuştur. Bu değer önceki çalışmalarda Gemlik çeşidi için; 27.33 (Irmak, 2015), 25.89-28.78 (Öztürk-Güngör, 2010), 23.51-28.51 (Yıldız, 2014) ve 24.43 (Erdoğan, 2014) olarak belirlenmiştir. a^* değeri ise 8.12 olarak bulunmuştur. Irmak (2015) bu değeri 4.05 olarak tespit ederken, Öztürk-Güngör (2010) 1.91-3.36 arasında ve Erdoğan (2014) 4.13 olarak belirlemiştir. Bulunan değer araştırmacıların değerlerine göre yüksek olup, çalışmada kullanılan zeytinlerde kırmızılığın daha baskın olduğunu göstermektedir. Romero vd. (2004) ise farklı çeşitlerdeki a^* değerlerini 0.29-8.99 arasında belirlemiştir. Gemlik zeytinlerinin b^* değeri de 1.48 olarak bulunmuştur. Bu değeri Irmak (2015) 0.91, Öztürk-Güngör (2010) -0.11,-1.35 arasında, Yıldız (2014) 0.13-2.34 arasında ve Erdoğan (2014) 1.05 olarak belirlemiştir. Ölçülen L^* , a^* ve b^* değerlerinden de Hue ve ΔC (kroma) değerleri hesaplanmıştır. Hue değeri rengin tonunu göstermekte olup bu çalışmada 10.35 olarak tespit edilmiştir. Gemlik çeşitlerinde Erdoğan (2014) bu değeri 14.49 olarak tespit ederken, Leventdurur (2017) Çukurova bölgesindeki zeytinlerde 4-31 arasında bulmuştur. ΔC değeri doygunluğu belirtmektedir ve 8.26 olarak hesaplanmıştır. Bu değeri Erdoğan (2014) 4.28 olarak, Leventdurur (2017) 2.08-4.57 arasında belirlemiştir. Renk değerlerinin hasat zamanı ve olgunluk indisine göre değişiklik gösterdiği tahmin edilmektedir.

Zeytin Meyvesinin Kimyasal Özellikleri

Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin kimyasal özelliklerini belirlemek için yapılan analizlere ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Zeytin etinin asitlik değeri %0.20, pH değeri ise 5.40 olarak belirlenirken, Gemlik çeşidinde yapılan diğer çalışmalarda bu değerler asitlik için 0.04-0.73, pH için 5.03-5.29 aralığında bulunmuştur (Akpınar, 1994; Özay vd., 1994; Uylaşer vd., 2008; Erdoğan, 2014; Yıldız, 2014; Irmak, 2015; Leventdurur, 2017). Elde ettiğimiz pH değeri Leventdurur

(2017)'un Çukurova bölgesinden temin ettiği Gemlik çeşidi zeytinler için bildirdiği pH değerleri (5.06-5.58) ile uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 2. Gemlik çeşidi zeytinlerin kimyasal özellikleri

<i>Table 2. Chemical properties of Gemlik olive variety</i>	
pH	5.40±0.01*
Asitlik (% , laktik asit cinsinden)	0.20±0.00
<i>Titrable Acidity (% , lactic acid)</i>	
Tuz (%)	0.40±0.01
<i>Salt (%)</i>	
Kurumadde (%)	35.58±0.98
<i>Dry matter (%)</i>	
Şeker (%)	2.77±0.03
<i>Sugar (%)</i>	
Oleuropein (absorbans)	0.71±0.00
<i>Oleuropein (absorbance)</i>	
Yağ (%)	24.66±0.58
<i>Fat (%)</i>	
Yağ Asitleri (yağ asitleri içerisinde)	
<i>Fatty Acids (%)</i>	
Palmitik Asit	18.34±0.04
<i>Palmitic Acid</i>	
Palmitoleik Asit	2.08±0.19
<i>Palmitoleic Acid</i>	
Stearik Asit	2.79±0.13
<i>Stearic Acid</i>	
Oleik Asit	66.14±0.41
<i>Oleic Acid</i>	
Linoleik Asit	9.80±0.16
<i>Linoleic Acid</i>	
Linolenik Asit	0.64±0.06
<i>Linolenic Acid</i>	
Margarik Asit	0.03±0.04
<i>Margaric Acid</i>	
Heptadesenoik Asit	0.08±0.00
<i>Heptadecenoic Acid</i>	
Araşidik Asit	0.10±0.00
<i>Arachidic Acid</i>	
SFA	21.26±0.05
MUFA	68.30±0.62
PUFA	10.44±0.22

*Ortalama değer ± standart hata. *Average value ± standard deviation.

Zeytinlerin %tuz miktarı 0.40 olarak belirlenmiştir. Bu değer Özay vd. (1994) (0.005), Akpınar (1994) (0.264) ve Yıldız (2014) (0.20-0.32)'dan yüksek bulunurken; Uylaşer ve Şahin (2004) (0.47)'in bulduklarından düşüktür. Öztürk-Güngör (2010) ise zeytin meyvesinde tuz tespit

edememiştir. Zeytinlerin kurumadde miktarı %35.58 olarak tespit edilmiştir. Diğer araştırmacıların bildirdiği kurumadde miktarları ise 29.59- 64.99 arasındadır (Uylaşer ve Şahin, 2004; Öztürk-Güngör, 2010; Erdoğan, 2014; Yıldız, 2014; Leventdurur, 2017).

Gemlik çeşidi zeytinlerin şeker miktarı %2.77 olarak hesaplanmıştır. Yapılan farklı araştırmalarda Gemlik çeşidinin şeker miktarı %1.12-4.62 arasında belirlenmiştir (Akpınar, 1994; Özay ve Borçaklı, 1996; Uylaşer ve Şahin, 2004; Öztürk-Güngör, 2010; Yıldız, 2014; Irmak, 2015). Zeytinlerin oleuropein miktarlarını belirlemek için spektrofotometrede 345 nm'de ölçüm yapılmış ve absorbans değeri 0.71 olarak bulunmuştur. Bu değeri; Akpınar (1994) 0.12, Irmak (2015) 1.73 ve Öztürk-Güngör (2010) 0.73-1.17 arasında bulmuşlardır. Bu farkın olgunluk düzeyinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gemlik zeytinlerinin %yağ miktarı 24.66 olarak tespit edilmiştir. Zeytinlerin yağ oranını diğer araştırmacılar 21.34-36.59 aralığında belirlemişlerdir (Özay vd., 1994; Uylaşer ve Şahin, 2004; Öztürk-Güngör, 2010; Yıldız, 2014; Irmak, 2015). Yağ miktarının yetiştirme koşulları ve hasat zamanına bağlı olarak değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Öztürk-Güngör, 2010).

Zeytinyağında baskın yağ asidi olarak oleik asit bulunmuş ve yağ asitleri arasındaki oranı %66.14 olmuştur. Oleik asidi %18.34 ile palmitik asit, %9.80 ile linoleik asit, %2.79 ile stearik asit, %2.08 ile palmitoleik asit ve %0.64 ile linolenik asit takip etmiştir. Zeytinyağında bulunan minör yağ asitleri ise %0.10 ile araşidik asit, %0.08 ile heptadesenoik asit ve %0.03 ile margarik asittir. Yağ asitleri içerisindeki doymuş yağ asitlerinin oranı %21.26 iken tekli doymamış yağ asitlerinin oranı %68.30 ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oranı %10.44 olarak bulunmuştur. Irmak (2015) ise Gemlik çeşidi zeytinlerin yağ asitleri dağılımını %73.16 oleik asit, %13.92 palmitik asit, %6.2 linoleik asit, %3.06 stearik asit ve % 0.65 linolenik asit olarak tespit etmiştir. Özdemir (2011) oleik asidi %69.42, palmitik asidi %14.93, linoleik asidi %9.64, stearik asidi %2.15, palmitoleik asidi %1.71, linoleik asidi %0.87, araşidik asidi %0.44, heptadesenoik asidi %0.23 ve margarik asidi %0.11 olarak bulmuştur.

Yağ asidi kompozisyonlarındaki farklılık çeşit ve çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Zeytin Meyvesinin Aroma Bileşimi

Gemlik zeytininde; 15 adet yüksek alkol, 7 adet uçucu asit, 6 adet uçucu fenol, 4 adet ester, 4 adet hidrokarbon, 3 adet keton, 1 adet lakton, 1 adet aldehit, 1 adet terpen ve 4 adet diğer bileşik olmak üzere toplam 46 adet aroma bileşiği

tanımlanmıştır (Çizelge 3). Toplam aromanın %44.61'ini yüksek alkoller, %40.55'ini aldehitler ve ketonlar, %4.33'ünü hidrokarbonlar, %6.24'ünü terpenler, %1.20'sini uçucu fenoller, %1.04'ünü asitler, %0.81'ini esterler, %0.09'unu laktonlar ve %1.13'ünü diğer bileşikler oluşturmuştur. Tanımlanan aroma bileşiklerinin toplam miktarı 2681.29 µg/kg bulunmuştur.

Çizelge 3. Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin aroma bileşimi

Table 3. Aroma compounds of gemlik olive variety

LRI ^a	Aroma Bileşikleri <i>Volatile Compounds</i>	Konsantrasyon ^b <i>Concentration</i>	Tanımlama ^c <i>Identification</i>
	Uçucu Asitler <i>Volatile Acids</i>		
1570	2-Metil propanoik asit <i>2-Methyl propanoic acid</i>	3.34±0.02	LRI, MS
1620	Bütanoik asit <i>Butanoic acid</i>	1.60±0.09	LRI, MS, std
-	2-Metil-2-propenoik asit <i>2-Methyl-2-propenoic acid</i>	5.50±0.06	MS, tent
1873	Hekzanoik asit <i>Hexanoic acid</i>	12.66±0.13	LRI, MS, std
1139	3,5,5 Trimetilhekzanoik asit <i>3,5,5 Trimethylhexanoic acid</i>	0.75±0.02	LRI, MS, tent
2071	Oktanoik asit <i>Octanoic acid</i>	2.13±0.02	LRI, MS, std
2241	Dekanoik asit <i>Decanoic acid</i>	1.89±0.02	LRI, MS, std
	Yüksek Alkoller <i>Higher Alcohols</i>		
1177	3-Penten-2-ol	54.27±1.63	LRI, MS, std
1217	3-Metil-1-bütanol <i>3-Methyl-1-butanol</i>	50.00±1.22	LRI, MS, std
1370	1-Undekanol <i>1-Undecanol</i>	61.16±0.26	LRI, MS, std
1977	1-Dodekanol <i>1-Dodecanol</i>	12.84±0.24	LRI, MS, std
1250	2-Hekzanol <i>2-Hexanol</i>	34.61±0.18	LRI, MS, std
1347	1-Hekzanol <i>1-Hexanol</i>	14.04±0.36	LRI, MS, std
1386	(Z)-3-Hekzen-1-ol <i>(Z)-3-Hexen-1-ol</i>	54.80±0.59	LRI, MS, std
1484	2-Etilhekzanol <i>2-Ethylhexanol</i>	47.08±0.75	LRI, MS, std
-	2-Metil-2,3-pentandiol <i>2-Methyl-2,3-pentandiol</i>	9.55±0.23	MS, tent

Gemlik zeytininde kalite ve aroma belirlenmesi

1513	2,3-Bütandiol <i>2,3-Butanediol</i>	3.62±0.11	LRI, MS, std
1603	1,2-Propandiol <i>1,2-Propanediol</i>	2.25±0.14	LRI, MS, std
1187	2-Bütoksietanol <i>2-Butoxyethanol</i>	798.43±12.78	LRI, MS, tent
1912	Benzil alkol <i>Benzyl alcohol</i>	7.41±0.05	LRI, MS, std
2004	Feniletıl alkol <i>Phenylethyl alcohol</i>	45.61±0.93	LRI, MS, std
-	Etanol, 2,2-oksibis <i>Ethanol, 2,2-oxybis</i> Aldehitler/Ketonlar <i>Aldehydes / Ketones</i>	0.60±0.01	MS, tent
1616	(E)-2-Dekanal <i>(E)-2-Decanal</i>	1.77±0.03	LRI, MS, std
1277	3-Hidroksi-2-bütanon <i>3-Hydroxy-2-butanone</i>	3.51±0.00	LRI, MS, tent
1356	4-Nonanon <i>4-Nonanone</i>	30.80±0.25	LRI, MS, std
1309	4-Hidroksi-4-metil-2-pentanon <i>4-Hydroxy-4-methyl-2-pentanone</i> Esterler <i>Esters</i>	1051.09±39.89	LRI, MS, tent
-	2-Hidroksi-metil propanoat <i>2-Hydroxy-methyl propanoate</i>	3.76±0.10	MS, tent
793	2-Hidroksi-etıl propanoat <i>2-Hydroxy-ethyl propanoate</i>	4.56±0.11	LRI, MS
-	3-Hidroksi-2,4,4-trimetıl fenıl 2-metil propanoat <i>3-Hydroxy-2,4,4-trimethyl phenyl 2-methyl propanoate</i>	10.24±0.20	MS, tent
-	Bis (2-metilpropil) benzen-1,2-dikarboksilat <i>Bis (2-methylpropyl) benzene-1,2-dicarboxylate</i> Hidrokarbonlar <i>Hydrocarbons</i>	3.23±0.12	MS, tent
202	Dodekan <i>Dodecane</i>	17.87±0.07	LRI, MS, std
236	Tetradekan <i>Tetradecane</i>	49.87±1.29	LRI, MS, std
2056	Eikosan <i>Eicosene</i>	38.60±1.00	LRI, MS
268	Hekzadekan <i>Hexadecane</i> Uçucu Fenoller <i>Volatile Phenols</i>	9.70±0.03	LRI, MS
2110	p-Kresol <i>p-Cresol</i>	2.86±0.15	LRI, MS
2003	4-Etilfenol <i>4-Ethylphenol</i>	3.00±0.10	LRI, MS, std
-	di-t-bütıl-fenol	5.58±0.06	MS, tent

	<i>di-t-butyl-phenol</i>		
2999	Tyrosol	11.53±0.04	LRI, MS, std
1856	Gaiakol	5.39±0.02	LRI, MS, std
1956	Kreosol	3.71±0.05	LRI, MS, std
	Laktonlar		
	<i>Lactones</i>		
1760	Δ-Nonalakton	2.49±0.02	LRI, MS, std
	∇-Nonalactone		
	Terpenler		
	<i>Terpenes</i>		
1755	(E,E)-α-Farnesen	167.22±0.01	LRI, MS, tent
	(E,E)-α-Farnesene		
	Diğerleri		
	<i>Others</i>		
-	(2,6-Dimetil-fenil)-Hidrazin	1.00±0.03	MS, tent
	(2,6-Dimethyl-phenyl)-hydrazine		
1582	Dimetil sülfoksit	18.92±0.91	LRI, MS, tent
	<i>Dimethyl sulfoxide</i>		
1711	N-Metil Benzenamin	2.15±0.13	LRI, MS, tent
	<i>N-Methyl Benzenamine</i>		
1837	(E)-Anetol	8.30±0.20	LRI, MS, tent

^aLRI:DB-Wax kolonda linear alıkonma indeksi. ^bKonsantrasyon: 3 ekstraksiyon tekrerrününün ortalaması ($\mu\text{g}/\text{kg}$)±standart hata olarak verilmiştir. ^cTanımlama: LRI (Linear alıkonma indeksi); MS tent. (MS ile tentatif tanımlama), Std (Standart kimyasal madde).

^aLRI: *Linear retention index calculated on DB-WAX capillary column.* ^bConcentration: *The mean of the 3 extractions is given as ($\mu\text{g}/\text{kg}$)± standard deviation.* ^cIdentification: *LRI (linear retention index), MS tent (tentatively identified by MS), Std (chemical standard).*

Gemlik zeytininde sayı ve miktar olarak en baskın aroma grubu yüksek alkoller olmuştur. En yüksek miktarda bulunan yüksek alkol bileşiği 798.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ile 2-bütoksietanoldür. Tespit edilen diğer önemli yüksek alkoller ise; 1-undekanol, (Z)-3-hekzen-1-ol, 3-penten-2-ol, 3-metil-1-bütanol, 2-etilhekzanol ve feniletıl alkoldür. 1-hekzanol meyveli, aromatik, yumuşak (Ridolfi vd., 2002; Sabatini vd., 2008), (Z)-3-hekzen-1-ol yeşil (Ridolfi vd., 2002; Sabatini vd., 2008; Bleve vd., 2014), muz (Ridolfi vd., 2002; Sabatini vd., 2008) kokuları vermektedir. Yapılan çalışmalarda farklı çeşit zeytinlerde; (Z)-3-hekzen-1-ol, feniletıl alkol ve benzil alkol bileşiklerinin bulunduğu bildirilmiştir (Cabaroğlu ve Koyuncu, 2019). Yüksek alkoller, meyve olgunlaşmasında enzimatik reaksiyonlardan ileri gelebilmektedir. (Z)-3-hekzen-1-ol gibi yüksek alkoller çoklu doymamış yağ asitlerinin lipoksigenaz döngüsüyle ortaya çıkmaktadır (Cortes-Delgado vd., 2016). Ridolfi vd. (2002), yaptıkları çalışmada 3-metil-1-

bütanol bileşimini FS17 ve Kalamata çeşidi zeytin meyvelerinde belirlerken, 1-hekzanol bileşiminin zeytinde olmayıp sadece zeytinyağında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Gemlik zeytininde 6 adet uçucu fenol bileşiği tespit edilmiş olup, bu bileşiklerin toplam miktarı 32.07 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'dır. Bu bileşiklerden tyrosol en yüksek miktarda bulunan uçucu fenoldür. 5.39 $\mu\text{g}/\text{kg}$ düzeyinde tespit edilen gaiakol ise fenolik, yanık kokusu vermektedir (Iraqı vd., 2005). Zeytin meyvesinde belirlenen 4 farklı esterın toplam miktarı 21.79 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olup bunun büyük bir kısmını 3-hidroksi-2,4,4-trimetilfenil 2-metil propanoat oluşturmaktadır.

Zeytin örneklerinde 7 adet uçucu asit belirlenmiş ve uçucu asitlerin toplam miktarı 27.87 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak hesaplanmıştır. Uçucu asitlerin içerisinde en yüksek miktara palmitik asit ve hekzanoik asitler sahip olmuştur. Zeytin meyvesinde

bulunan oktanoik asit yağlı (Dabbou vd., 2012), bütanoik asit ransit, ve heksanoik asit keskin kokular vermektedir (Xiao vd., 2010). Bütanoik asit, heksanoik asit, oktanoik asit ve dekanolik asitin farklı zeytin çeşitlerinde de bulunduğu tespit edilmiştir (Cabaroğlu ve Koyuncu, 2019).

Örneklerde belirlenen 4 hidrokarbonun toplam miktarı 116.04 µg/kg'dır. Tetradekan ve eikosan en fazla tespit edilen hidrokarbonlar olurken düşük miktarlarda dodekan ve heksadekan bulunmuştur. Dabbou vd. (2012), dodekanın istenmeyen koku oluşturduğunu bildirmişlerdir. Gemlik zeytinlerinde 3 adet ketonik bileşik belirlenmiştir. 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon (diaseton alkol) Gemlik Zeytininde en yüksek miktarda (1051.09 µg/kg) tespit edilen bileşik olmuştur. Diğer iki bileşik ise 4-nonanon (30.80 µg) ve 3-hidroksi-2-bütanon (3.51 µg)'dur. Bulunan tek aldehit bileşiği (E)-2-dekanal'in miktarı ise 1.77 µg/kg olmuştur. Bu bileşiğin acı, balık ve yağlı koku verdiği bildirilmiştir (Dabbou vd., 2012; Blevé vd., 2014).

Lakton grubundan belirlenen tek bileşik Δ -nonalakton olup miktarı 2.49 µg/kg'dır. (E,E)- α -farnesen ise belirlenen tek terpen bileşiği olmuş ve miktarı 167.22 µg/kg bulunmuştur. Dabbou vd. (2012) bu bileşiğin az pişmiş sebze kokusunda olduğunu belirtmişlerdir. İraqı vd. (2005) de terpen bileşiklerinin zeytin meyvesinde bulunduğunu bildirmiştir. Zeytin meyvesinde belirlenen diğer aroma bileşikler ise dimetil sülfoksit, (E)-anetol, N-metil benzenamin ve (2,6-dimetil-fenil)-hidrazin'dir. Bu bileşiklerin toplam miktarı 30.37 µg/kg olarak belirlenmiştir. Malheiro vd. (2015), Cobrançosa, Madural ve Verdeal çeşidi zeytinlerin aroma bileşiklerini belirlemişler ve zeytinlerde 7 kimyasal sınıftan (alkoller, aldehitler, aromatik hidrokarbonlar, esterler, ketonlar, seskiterpenler ve terpenler) 34 aroma bileşiği tanımlamışlardır. Aromaya katkı veren temel bileşiklerin çoğunlukla alkoller ((Z)-3-hekzen-1-ol), aldehitler ve esterler ((Z)-3-hekzen-1-ol asetat) olduğunu bildirmişlerdir.

SONUÇ

Bu çalışma ile Adana ilinde yetiştirilen Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin fiziksel, kimyasal

özellikleri ve aroma profili belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak kullanılan Gemlik çeşidi zeytinin; olgunluk indisi 4.84 olarak belirlenirken, pH değeri 5.40, asitlik değeri ise laktik asit cinsinden %0.20, şeker miktarı %2.77 ve oleuropein absorbansı 0.71 olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan zeytinin küçük çekirdekli, etli, iri ve sofralık zeytin olarak kullanılması için yeterli şeker miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Zeytin meyvesinde toplam miktarı 2681.29 µg/kg olan 46 farklı uçucu aroma bileşeni tespit edilmiştir. Bu aroma bileşenlerinin dahil olduğu gruplar ise; uçucu asitler, yüksek alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler, hidrokarbonlar, uçucu fenoller, terpenler, laktonlar ve diğerleridir. En yüksek oranda (%44.61) bulunan aroma grubu yüksek alkoller olurken, en fazla miktarda tespit edilen bileşen 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon olmuştur. Gemlik çeşidi zeytinin meyveli, aromatik, yumuşak, çimen, sebze gibi kokular veren 1- heksanol, (Z)-3-hekzen-1-ol ve (E,E)- α -farnesen gibi koku bileşenlerini içerdiği tespit edilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, diğer kişilerin ve kurumların arasında bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yapılmasında, yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı sağlamışlardır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu makale Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FDK-2017-7735 proje numarası ile desteklenen "Sofralık Zeytin Fermantasyonunda Starter Kültür Kullanımının Zeytinin Aroması ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi" başlıklı ilk yazının Doktora Tezinin bir kısmını oluşturmaktadır. Projeyi destekleyen Çukurova Üniversitesine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Akpınar, A. (1994). Trilye (Gemlik) çeşidi zeytinlerin konserve tipi sofralık siyah zeytin üretimine uygunluğu üzerine bir araştırma.

- Uludağ Üniversitesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 88s.
- Aktan, N., Kalkan-Yıldırım, H. (2012). Sofralık zeytin teknolojisi. Meta Basım, İzmir, Türkiye, s.138. ISBN:978-605-86980-0-0.
- Alçıtepe, E., Tokuşoğlu, Ö. (2016). Botanik bilimine göre zeytin. Özel Meyve: Zeytin Kimyası, Kalite ve Teknolojisi, Tokuşoğlu, Ö. (baş ed.), Sidas Medya, İzmir, Türkiye, s.17-27.
- Anonymous (2016). Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Türkiye zeytincilik sektör raporu. <http://www.nto.org.tr/download/raporlar/10060/T%C3%BCrkiyezeytinciliksektörüraporu2016.pdf>.
- Artes, F., Minguez, M.I., Hornero, D. (2002). Analysing changes in fruit pigments. Colour in Food: Improving Quality, MacDougall, D.B. (chief ed.), Woodhead Publishing, CRC Press, Boca Raton, USA, s.248-282.
- Başer, D., Kılıç, O. (1987). Gemlik çeşidi zeytinlerden kaliteli ve az tuzlu siyah sofralık zeytin üretimi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 12(2):73-80.
- Bleve, G., Tufariello, M., Durante, M., Perbellini, E., Ramires, F.A., Grieco, F., Cappello, M., De Domenico, S., Mita, G., Tasioula-Margari, M., Logrieco, A.F. (2014). Physico-chemical and microbiological characterization of spontaneous fermentation of Cellina Di Nardo and Leccino table olives. *Frontiers in Microbiology*, 5(570):1-9, doi: 10.3389/fmicb.2014.00570.
- Cabaroğlu, T., Koyuncu, G. (2019). Fermente gıdaların aroma bileşimi. Fermente Gıdalar Mikrobiyoloji, Teknoloji, Sağlık. Anlı, R.E. (baş ed.), Nobel Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 65-81.
- Cemeroğlu, B. (2013). Gıda analizlerinde genel yöntemler. Gıda Analizleri, Cemeroğlu, B.S. (baş ed.), Bizim Grup Basımevi, Ankara, Türkiye, s.1-85.
- Cortes-Delgado, A., Sanchez, A.H., De Castro, A., Lopez-Lopez, A., Beato, V.M., Montano, A. (2016). Volatile profile of spanish-style green table olives prepared from different cultivars grown at different locations. *Food Res Internat*, 83:131-142, doi: 10.1016/j.foodres.2016.03.005.
- Dabbou, S., Issaoui, M., Brahmi F., Nakbi, A., Chehab, H., Mechri, B., Hammami, B. (2012). Changes in volatile compounds during processing of Tunisian-style table olives. *J Am Oil Chem Soc*, 89:347–354, doi: 10.1007/s11746-011-1907-8.
- Dıraman, H., Gürbüz-Veral, M. (2017). Zeytincilik tarihine kısa bir giriş. Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı Teknolojisi, Susamcı, E. (baş ed.), Bassaray Matbaası, İzmir, Türkiye, s.1-13.
- Diez, M. J. F., Fernandez, A. L., Cancho, F. C., Quintana, M. C. D., Casanovas, J. L. C. (1972). Elaboracion de aceitunas negras de mesa. *Grasas y Aceites*, 23: 91-93.
- Erbay, B., Küçüksayan, S., Küçüköner, E. (2010). Renklendirilmiş fermente “Memecik” çeşidi zeytinlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri. *Akademik Gıda*, 8(6):13-18.
- Erdoğan, M. (2014). Sofralık salamura siyah zeytin üretiminde farklı klorür tuzları kullanımının kalite üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye, 82s.
- Göğüş, F., Yıldırım, N. (2009). Zeytinyağı işleme sistemleri. Zeytinyağı, Göğüş, F. (baş ed.), Eflatun Yayınevi, Ankara, Türkiye, s.59-93.
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K., Nakayama, T. (1996). An improved method for rapid analysis of fatty acids of glycerolipids. *Lipids*, 31:535-539, doi: 10.1007/BF02522648.
- Iraqi, R., Vermeulen, C., Benzekri, A., Bouseta, A., Collin, S. (2005). Screening for key odorants in Moroccan green olives by gas chromatography-olfactometry/aroma extract dilution analysis. *J Agric Food Chem*, 53:1179-1184, doi: 10.1021/jf040349w.
- Irmak, Ş. (2015). Gemlik çeşidi sofralık siyah zeytinlerin muhafazasında yararlanılan farklı yöntemlerin raf ömrü ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İzmir, Türkiye, 451s.

- Irmak, Ş., Öztürk-Güngör, F., Susamcı, E. (2010). Bazı sofralık zeytin çeşitlerimizin toplam fenolik madde miktarları ve işleme tekniklerinin bu bileşikler üzerine etkileri. *Zeytin Bilimi*, 1(2):57-64.
- Kara, G.N., Özbaş, Z.Y. (2013). Sofralık zeytin üretiminde doğal maya florasının önemi. *Gıda*, 38(6):375-382, doi: 10.5505/gıda.2013.08108.
- Leventdurur, S. (2017). Çukurova bölgesinde yetiştirilen Gemlik zeytin çeşidinin sofralık siyah zeytine işlenmesi ve starter geliştirilmesi üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 260s.
- MacDougall, D.B. (2002). Colour measurement of food. *Colour in Food: Improving Quality*, MacDougall, D.B. (chief ed.), Woodhead Publishing, CRC Press, Boca Raton, USA, s.33-63.
- Malheiro, R., De Pinho, P.G., Casal, S., Bento, A., Pereira, J.A. (2010). Determination of the volatile profile of stoned table olives from different varieties by using HS-SPME and GC/IT-MS. *J Sci Food Agric*, 91:1693-1701, doi: 10.1002/jsfa.4372.
- Malheiro, R., Casal, S., Cunha, S.C., Baptista, P., Pereira, J.A. (2015). Olive volatiles from Portuguese cultivars Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana: role in oviposition preference of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *Plos One*, 10(5):1-15, doi: 10.1371/journal.pone.0125070.
- Meral, Y., Şahin, A. (2013). Tüketicilerin coğrafi işaretli ürün algısı: Gemlik zeytini örneği. *KSÜ Doğa Bil Der*, 16(4):16-24, doi: 10.18016/ksujns.62240.
- Özay, G., Borçaklı, M. (1996). Effect of brine replacement and salt concentration on the fermentation of naturally black olives. *Food Res Internat*, 28(6):553-559, doi: 10.1016/0963-9969(95)00054-2.
- Özay, G., Borçaklı, M., Alperden, İ., Özsan, E., Erdek, Y. (1994). Farklı iki tip zeytin (Gemlik ve Edincik) fermantasyonlarının kimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelenmesi. *Gıda*, 19(1):37-43.
- Özdemir, Y. (2011). Bazı melez zeytinlerin fizikokimyasal özelliklerinin ve starter kültür (*Lactobacillus plantarum*) ilaveli sofralık zeytin fermantasyonuna uygunluklarının belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 125s.
- Öztürk-Güngör, F. (2010). Farklı yörelerde yetiştirilen Gemlik zeytininden sofralık siyah zeytin elde edilmesi sırasında temel bileşenlerinde meydana gelen değişimler üzerine araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 103s.
- Öztürk-Güngör, F. (2017). Salamura siyah zeytin. *Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı Teknolojisi*, Susamcı, E. (baş ed.), Bassaray Matbaası, İzmir, Türkiye, s.87-94.
- Pistarino, E., Aliakbarian, B., Casazza, A.A., Paini, M., Cosulich, M.E., Perego, P. (2013). Combined effect of starter culture and temperature on phenolic compounds during fermentation of Taggiasca black olives. *Food Chem*, 138:2043-2049, doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.021.
- Ridolfi, M., Terenziani, S., Patumi, M., Fontanazza, G. (2002). Characterization of the lipoxygenases in some olive cultivars and determination of their role in volatile compounds formation. *J Agric Food Chem*, 50:835-839, doi: 10.1021/jf0109118.
- Rodriguez-Bencomo, J.J., Kelebek, H., Sönmezdağ, A.S., Rodriguez-Alcala, L.M., Fontecha, J., Selli, S. (2015). Characterization of the aroma-active, phenolic, and lipid profiles of the pistachio (*Pistacia vera* L.) nut as affected by the single and double roasting process. *J Agric Food Chem*, 63(35): 7830-7839, doi: 10.1021/acs.jafc.5b02576.
- Romero, C., Brenes, M., Yousfi, K., Garcia, P., Garcia, A., Garrido, A. (2004). Effect of cultivar and processing method on the contents of polyphenols in table olives. *J Agric and Food Chem*, 52:479-484, doi: 10.1021/jf030525l.
- Sabatini, N., Mucciarella, M.R., Marsilio, V. (2008). Volatile compounds in uninoculated and inoculated table olives with *Lactobacillus plantarum*

(*Olea Europaea* L., cv. Moresca and Kalamata). *Food Sci Technol*, 41:2017-2022, doi: 10.1016/j.lwt.2007.12.002.

Schneider, R., Rauzungles, A., Augier, C., Baumes, R. (2001). Monoterpenic and norisoprenoid glycoconjugates of *Vitis vinifera* L. cv. Melon B. as precursors of odorants in muscadet wines. *J Chromatogr*, 936:145-157, doi: 10.1016/S0021-9673(01)01150-5.

Uylaşer, V., şahin, İ. (2004). Salamura siyah zeytin üretiminde geleneksel Gemlik yönteminin günümüz koşullarına uyarlanması. *Uludağ Üni Ziraat Fak Der*, 18(1):105-113.

Uylaşer, V., Tamer, C.E., İncedayı, B., Vural, H., Çopur, Ö.U. (2008). The quantitative analysis of some quality criteria of Gemlik variety olives. *J Food, Agric& Env*, 6(3&4):26-30.

Xiao, Z.B., Zhu, J.C., Feng, T., Tian, H.X., Yu, H.Y., Niu, Y.W., Zhang, X.M. (2010). Comparison of volatile components in chinese

traditional pickled peppers using HS-SPME-GC-MS, GC-O and multivariate analysis. *Natural Product Res*, 24(20):1939-1953, doi: 10.1080/14786419.2010.506875.

Yıldız, G. (2014). Gemlik çeşidi sofralık siyah zeytinin fenolik bileşikleri üzerine yöre ve işleme tekniğinin etkisinin araştırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Bursa, Türkiye, 207s.

Yıldız, G., Uylaşer, V. (2011). Doğal bir antimikrobiyel: oleuropein. *Uludağ Üni Ziraat Fak Der*, 25(1):131-142.

Zeytin, M.A., Arslan, D., Özcan, M. (2008). Domat, Edremit ve Gemlik zeytin çeşitlerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine farklı işleme metotlarının etkisi. I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi 17-18 Mayıs 2008, Edremit-Balıkesir, Türkiye, 241 s.



GROWTH ABILITY OF BACTERIOCIINOGENIC STRAINS IN MILK AND THEIR BACTERIOCIN ACTIVITY AGAINST CHEESE STARTER CULTURES

Nilgün Öncül^{1*}, Zeliha Yıldırım²

¹Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Fethiye Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Fethiye-Muğla, Turkey

²Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Niğde, Turkey

Received / Geliş: 29.09.2020; Accepted / Kabul: 12.11.2020; Published online / Online baskı: 20.11.2020

Öncül, N., Yıldırım, Z. (2020). Growth ability of bacteriocinogenic strains in milk and their bacteriocin activity against cheese starter cultures. GIDA (2020) 45(6) 1175-1187 doi: 10.15237/gida.GD20113.

Öncül, N., Yıldırım, Z. (2020). Bakteriyosinojenik suşların sütte gelişmeleri ve bakteriyosinlerinin peynir kültürlerine karşı aktiviteleri. GIDA (2020) 45(6) 1175-1187 doi: 10.15237/gida.GD20113.

ABSTRACT

In this study, the growing ability of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* BZ and *Enterococcus faecalis* KP in different fat content milk at 30°C for 48 hours and the efficiency of their bacteriocins, lactococcin BZ and enterocin KP, against three types of cheese starter (Choozit MA 11LYO 50, Choozit MA 19LYO 50 and DI-Prox M265) in full fat milk were determined. The growth and bacteriocin production abilities of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP in milk were examined for 48 hours at 30°C. As a result of the study, it was determined that both bacteria grew better in milk with low fat content and produced more bacteriocin. It was found that lactococcin BZ (1600 AU/mL) and enterocin KP (1600 AU/mL) had an inhibitory effect against three different cheese starter cultures analyzed when used separately or in combination.

Keywords: *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* BZ, *Enterococcus faecalis* KP, bacteriocin, lactococcin BZ, enterocin KP, milk, cheese starter cultures

BAKTERİYOSİNOJENİK SUŞLARIN SÜTTE GELİŞMELERİ VE BAKTERİYOSİNLERİNİN PEYNİR KÜLTÜRLERİNE KARŞI AKTİVİTELERİ

ÖZ

Bu çalışmada; farklı yağ içeriğine sahip sütte bakteriyosin üreticisi olan *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* BZ ve *Enterococcus faecalis* KP'nin gelişme ve bakteriyosin üretme yetenekleri ile bakteriyosinleri olan laktokoksin BZ ve enterosin KP'nin tam yağlı sütte peynir üretiminde kullanılan starter kültürlerine (Choozit MA 11LYO 50, Choozit MA 19LYO 50 ve DI-Prox M265) karşı etkileri belirlenmiştir. *L. lactis* ssp. *lactis* BZ ve *E. faecalis* KP'nin sütte gelişme ve bakteriyosin üretme yetenekleri 30°C'de 48 saat boyunca incelenmiştir. Çalışma sonucunda, her iki bakterinin düşük yağ içeriğine sahip sütte daha iyi geliştikleri ve daha fazla bakteriyosin ürettikleri tespit edilmiştir. Laktokoksin BZ (1600 AU/mL) ve enterosin KP (1600 AU/mL) hem tek başlarına hem de kombine olarak kullanıldıklarında analiz edilen üç farklı peynir starter kültürlerine karşı inhibitör etkinliğe sahip olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* BZ, *Enterococcus faecalis* KP, bakteriyosin, laktokoksin BZ, enterosin KP, süt, peynir starter kültürleri

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: nilgunoncul@hotmail.com; nilgunoncul@mu.edu.tr, ☎:(+90) 252 211 5733 ☎:(+90) 252 211 1352

Nilgün Öncül; ORCID no: 0000-0002-2865-7958

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

INTRODUCTION

Lactic acid bacteria (LAB) are Gram-positive, motionless, nonsporulating, acid-tolerant, microaerophilic, either rod- or cocci-shaped bacteria whose main fermentation product from carbohydrates is lactic acid. LAB are attained as “food grade” microorganisms (Beasley, 2004). Microorganisms of genera *Lactococcus*, *Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Tetragenococcus*, *Streptococcus*, *Weissella*, *Vagococcus*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, and *Lactosphaera* are recognized as LAB (Kuipers et al., 1997; O’Sullivan et al., 2002; Galvez et al., 2007). In the fermentation process, LAB produce an array of metabolites which have antagonistic activity against pathogenic and saprophytic microorganism in foods (Chen and Hoover, 2003; de Vuyst and Leroy, 2007). LAB have demonstrated antagonism against other bacteria by competing for nutrients or producing metabolites. These bacteria produce several metabolic products that have antimicrobial effects such: organic acids, diacetyl, acetaldehyde, reuterin, hydrogen peroxide, fatty acids, ethanol, enzymes, and bacteriocins. Especially, there has been great interest in bacteriocins because of their antibacterial activity against foodborne bacteria (Khalid et al., 1999; Soomro et al., 2002).

Bacteriocins produced by LAB are small antimicrobial peptides that are characterized as cationic and hydrophobic or amphiphilic. The genera of *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, and *Corynebacterium* have been stated in several studies with their ability to produce bacteriocins. Bacteriocins, secreted by the ribosome, are antagonistic to strains closely related to the producer microorganism, food spoilage, and foodborne pathogenic bacteria, but confer immunity to the host strain (Klaenhammer, 1993; Cleveland et al., 2001; Chen and Hoover, 2003; Rodriguez et al., 2003).

Nowadays, bacteriocinogenic strain of LAB can be used in several ways in fermented dairy products from the use of bacteriocin-producing strains directly in food as a starter, co-culture, probiotic, or protection cultures to the use of

concentrated bacteriocin preparations as antimicrobials (Cintas et al., 2001; O’Sullivan et al., 2002; Papagianni, 2003). *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroidis*, and their subspecies are the bacteriocinogenic strains of LAB which are the most commonly used in fermented milk production processes (Cleveland et al., 2001; Deegan et al., 2006).

Bacteriocinogenic strain of LAB can be added into raw materials as a protective adjunct for inhibiting the growth of pathogenic or spoilage microorganisms and extending shelf life, or they can be applied in processing or to end products. There are basic factors that determine at which stage of protective culture will attend into a food. These factors are the interaction between starter and protective culture, and the functional properties of protective culture. Bacteriocinogenic strains can be used either directly as starter cultures, as adjunct or co-cultures in combination with a starter culture, or as protective cultures (especially in the case of symbiotic against starter culture, and having a positive or a neutral impact on flavor) in pre-treated raw materials. If the strains perform inhibitor activity towards starter culture, it can be incorporated into foods after the fermentation step or added to end products (Deegan et al., 2006; Gálvez et al., 2007). There have been several applications in the use of bacteriocinogenic strains. In general, the following strains are used when producing foods for the industry: (i) *L. lactis* (*L. lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *lactis* biovar *diasetilactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris*) is as a starter, protective and probiotic culture in cheese, buttermilk, butter, kefir, and koumiss; (ii) *L. helveticus* is as a starter and protective culture in some type of cheese; (iii) *E. faecium* and *E. faecalis* are as an adjunct, protective, and probiotic culture in some type of cheese; (iv) *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, and *S. thermophilus* are as a starter, protective, and probiotic culture in yogurt and cheese; (v) *Pediococcus acidolactici* and *P. pentasaneus* are protective culture in cheese (O’Sullivan et al.,

2002; Soomro et al., 2002; Deegan et al., 2006; de Vuyst and Leroy, 2007; Lopez and Belloso, 2008).

In previous studies, *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP which are bacteriocinogenic strains were isolated from Boza and White cheese. In the same studies, their bacteriocins were also characterized and named as lactococcin BZ and enterocin KP, respectively. The bacteriocins have individually a broad inhibitory spectrum in the medium (Şahingil et al., 2011; Isleroglu et al., 2012). However, the bacteriocin production ability of these bacteriocinogenic bacteria in the food matrix is limited. Therefore, the uses of these bacteriocin producing strains as a protective culture have been exhibited for the dairy industry in this research. So, the objectives of this study were to determine the growth and bacteriocin producing ability of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP, and to explore their bacteriocins activity against some commercial cheese starter cultures in milk.

MATERIAL AND METHODS

Material

Milk samples and commercial starter cultures

Full fat (3.0%), half fat (1.5%), and low fat (<0.1% fat) UHT milk samples were purchased as an industrial product from local supermarkets. In this study, three types of mesophilic cheese starter cultures were provided from dairy companies. The strain compositions of freeze-dried starter cultures were *L. lactis* ssp. *lactis* and *L. lactis* ssp. *cremoris*. Two of the cheese starters (Choozit MA 11LYO 50 and 19LYO 50) were produced from Danisco (Denmark), and the other starter was obtained from DI-Prox M265 (France). Choozit MA 11LYO 50, Choozit MA 19LYO 50, and DI-Prox M265 cheese starters were named as CS1, CS2, and CS3, respectively.

Bacterial strains and media

L. lactis ssp. *lactis* BZ producing lactococcin BZ and *E. faecalis* KP producing enterocin KP were propagated in De Mann Rogosa and Sharp broth (MRS, Fluka, Germany) at 30°C for 24 hours. *Lactobacillus plantarum* DSM 2601 (9 log CFU/mL) is the most sensitive indicator organism to lactococcin BZ and enterocin KP (Şahingil et al.,

2011; Isleroglu et al., 2012). So, it was used as an indicator bacterium for determining bacteriocin activity and was also cultivated in MRS broth at 30°C. All the strains were maintained in a frozen stock at -80°C in MRS broth with 20% glycerol (Merck, Germany) and propagated twice before used in experiments.

Methods

Growth of bacteriocin producer strains and bacteriocin production in milk samples

Twice activated culture of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP were centrifuged (4000×g at 4°C, 10 min), and supernatants were discarded. The pellets were collected and washed twice with 0.1% sterile peptone water (PW, Merck, Germany) and then pellets were re-suspended with PW to the beginning volume. The beginning value of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP were 9.66 log CFU/mL and 8.55 log CFU/mL. The bacteriocin producer strains were inoculated separately into full, half, and low milk samples at 1%, and then incubated at 30°C for 48 hours. The samples were taken at certain intervals and tested for pH values, bacteriocin activity (AU/mL), and colony forming unit (log₁₀ CFU/mL) during the incubation. For determining the colony forming unit, decimal dilutions were prepared with PW and viable cell numbers were enumerated by surface plating on MRS agar. The MRS agar plates were incubated at 30°C for 48 hours. The UHT milk samples without bacteriocinogenic strains were used as control.

Determining pH Values

The pH values were measured by a calibrated pH meter (WTW Inolab pH Level 1, Germany) (AOAC, 1995).

Bacteriocin activity assay

The agar spot technique was used for determining the activity of bacteriocins. The samples were heated at 75°C for 10 min and diluted as two-fold dilutions (1/2, 1/4, 1/8, etc.) before analyses. The samples from each dilution (20 µl) were spotted onto a bottom layer of MRS soft agar (0.8% agar) which inoculated with the indicator strain *L. plantarum*. After pre-diffusion at room temperature (~25°C) for 30 min, the plates were

incubated at 30°C for 24 hours. A clear zone (at least 2 mm) was recorded as positive after incubation. The bacteriocin activity was expressed in arbitrary units (AU/mL), the reciprocal of the highest serial 2-fold dilution showing a clear zone of growth inhibition of the indicator strain (Mayr-Harting et al., 1972).

Preparations of bacteriocins

Twice activated culture of *E. faecalis* KP and *L. lactis* ssp. *lactis* BZ were inoculated into MRS broth at 1% and then incubated at 30°C and 25°C for 18 hours, respectively. After the incubation period, the cultures were centrifuged (7000×g at 4°C, 20 min), and the pellet was discarded. The supernatants were collected and sterilized by membrane filter (with 0.45 µm pore diameter). The cell-free supernatants were frozen and dried by lyophilization. Then the bacteriocins were kept at -80°C until used (Moreno et al., 2002).

Determining the activity of bacteriocins against cheese starter cultures

The full fat milk samples were inoculated with cheese starter cultures at 1% and then treated with lactococcin BZ (1600 AU/mL) or enterocin KP (1600 AU/mL) or a combination of 50% lactococcin BZ (800 AU/mL) and 50% enterocin KP (800 AU/mL). The viable cell numbers of starters were counted at certain intervals (0, 1, 3, 5, 9, and 24 hours) on MRS agar at 30°C. Bacteria count performed 30 min after the addition of bacteriocin to the milk samples was accepted day 0 (T=0). The pH values were also determined during the incubation. The UHT milk samples containing only cheese starters at the same level were used as a positive control. The UHT milk samples with or without bacteriocin were used as a negative control.

Statistical analyses

The counts of bacteria were expressed as log CFU/mL. All experiments were carried out three times. The significant difference between the means was established by Tukey tests. All data were analyzed using the general linear models procedure of SAS Institute Inc. (1998) to determine differences between treatment means.

RESULT AND DISCUSSION

The growth and bacteriocin producing of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP in milks

L. lactis ssp. *lactis* BZ can grow in all types of milk samples and the difference between the milk type is not significant ($P > 0.05$) (Fig.1a). It was observed that *L. lactis* ssp. *lactis* BZ was produced more bacteriocin than the others in low fat milk samples (Fig.1b). Lactococcin BZ was first synthesized in low fat milk after 15 hours of incubations (100 AU/mL) and it was reached the maximum value at the 30th hour of incubation (800 AU/mL). However, the first bacteriocin activity was detected in full (200 AU/mL) and half fat (175 AU/mL) milk samples at the 30th hour of incubation. The bacteriocin activity of lactococcin BZ was lower in full and half fat milk samples than low fat milk. The main reason may be dependent on the hydrophobic interaction between lactococcin BZ and milk fat globules. The bacteriocin activity was decreased at the 48 hours of incubation time in all kinds of milk. The probable reasons are proteolytic degradation, protein aggregation, and bacteriocin adsorption to the cells (de Vuyst et al., 1996; Aasen et al., 2000). The bacteriocin activity of the samples due to the fat milk content is significantly different ($P < 0.01$). The pH values of the milk samples were measured as 6.63, 6.63, and 6.60 at the beginning of the incubation and decreased to 4.49, 4.60, and 4.69 at the end of the period in full, half, and low fat milk samples, respectively. In a previous study, it was indicated that *L. lactis* ssp. *lactis* BZ was produced the bacteriocin after 6 hours of incubation at 32°C in MRS medium and the maximum level (400 AU/mL) was found at the 18th hour. Similarly, it was also mentioned that bacteriocin activity was decreasing by the increasing incubation time (Şahingil et al., 2010). The main reason for the different bacteriocin producing ability of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ in medium or milk is having different components of milk with MRS. MRS, is a special medium that provides sources of carbon, nitrogen, and vitamins for lactic acid bacterial growth. The MRS also contains vitamins and amino acids specifically required by Lactobacilli. The bacteriocin producing was started early in MRS

than milk because *L. lactis* have low proteolytic activity and MRS medium provides nitrogen sources for *L. lactis*.

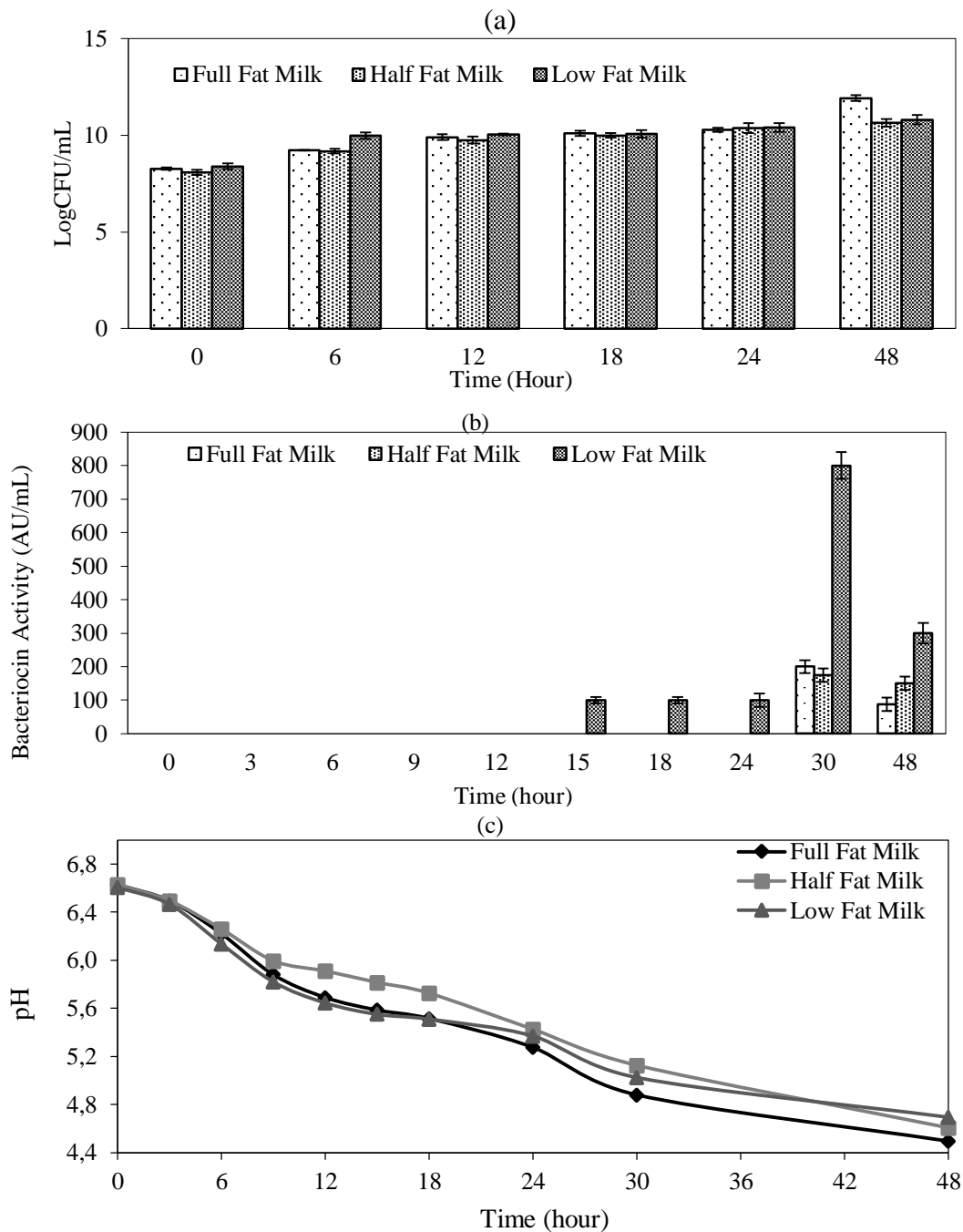
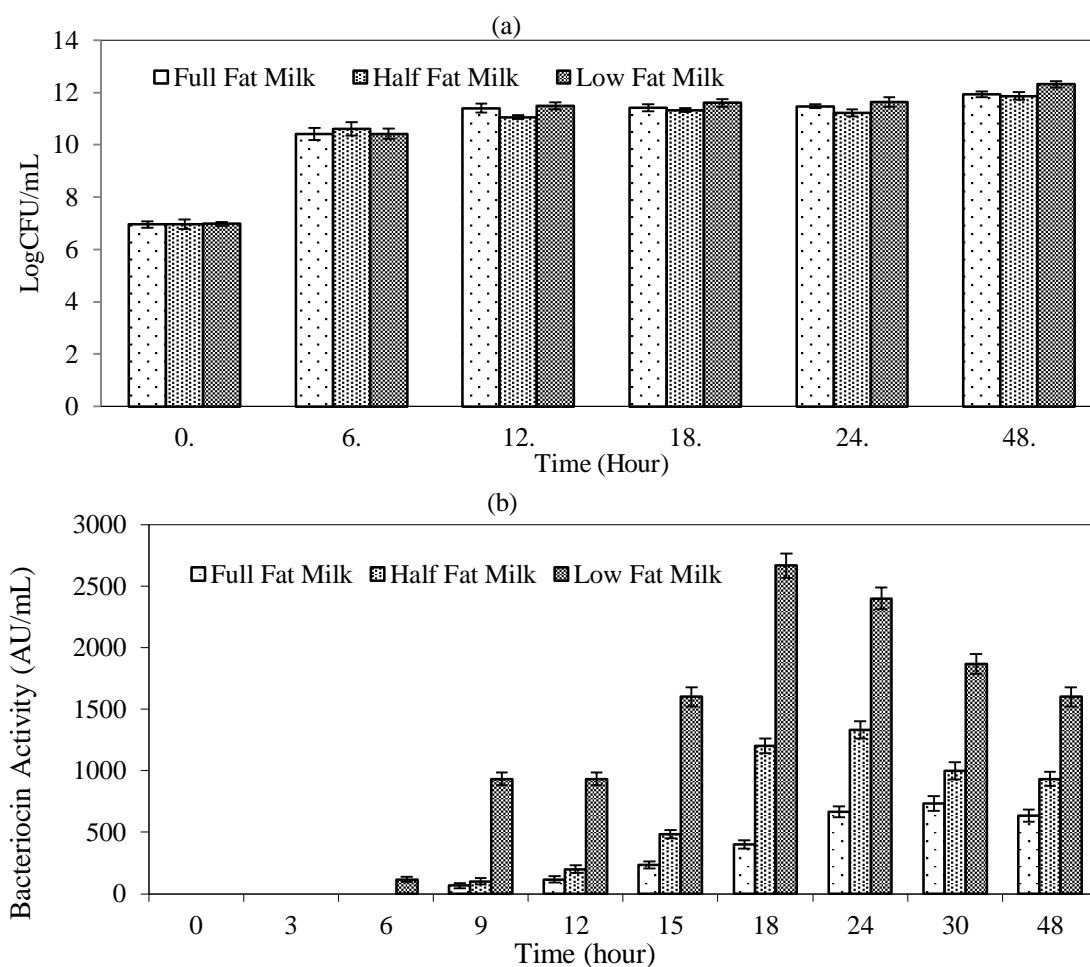


Figure 1. Growth and lactococcin BZ production of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ in milk at 30°C. (a) Count of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ, (b) activity of lactococcin BZ, and (c) pH of milk containing *L. lactis* ssp. *lactis* BZ

E. faecalis KP can grow in all types of milk samples and the difference between the milk type is not significant ($P > 0.05$) (Fig.2a). *E. faecalis* KP was produced more bacteriocin in low fat milk samples among the others like *L. lactis* ssp. *lactis* BZ. However, *E. faecalis* KP was synthesized bacteriocin earlier than *L. lactis*. Enterococin synthesis was started at the 6th hour in low fat milk and at the 9th hour in half and full fat milk samples (Fig.2b). *E. faecalis* KP was started to synthesize bacteriocin earlier in contrast *L. lactis* BZ in low fat milk because *E. faecalis* KP is required less nutrient for growth and they have better proteolytic activity. The bacteriocin activity of the samples due to the fat milk content is significantly different ($P < 0.01$). The maximum bacteriocin activity was observed at the 18th, 24th, and 30th

hour of incubation in low (2600 AU/mL), half (1300 AU/mL), and full fat (700 AU/mL) milk samples, respectively. The bacteriocin activity was lower in half and full fat milk samples because of the hydrophobic interaction of enterococin KP with milk fat globules. The pH values of the milk samples were decreased from 6.65, 6.65, and 6.51 to 4.33, 4.42, and 4.32 during the period in full, half, and low fat milk samples, respectively (Fig.2). Isleroglu et al. (2012) was mentioned that *E. faecalis* KP was synthesized bacteriocin at the 6th hour of incubation and reached the maximum level (1600 AU/mL) at the 18th hour of the period at 32°C in MRS medium. The bacteriocin producing time of *E. faecalis* KP was similar in MRS and low fat milk; however, the activity of enterococin KP was higher in low fat milk samples.



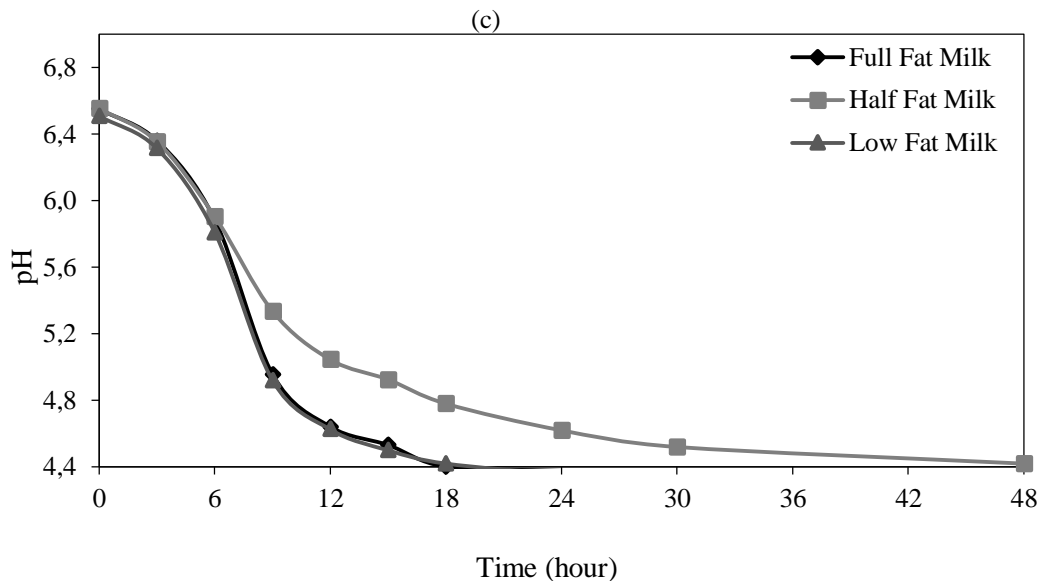


Figure 2. Growth and enterocin KP production of *E. faecalis* KP in milk at 30°C. (a) Count of *E. faecalis* KP, (b) activity of enterocin KP, and (c) pH of milk containing *E. faecalis* KP

Foulquie' Moreno et al. (2003) also found that *E. faecium* RZS C5 was produced bacteriocin in low fat milk (40 hours later) than MRS medium (2 hours) at 37°C. The bacteriocin producing ability of *L. lactis* ssp. *lactis* BZ in low fat milk was seen to be higher when compared with *E. faecium* RZS C5. Penna et al. (2005) were indicated that *L. lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 was produced more nisin and reached the maximum level (3.6 g/L) when low fat milk was added to MRS and M17 medium at the rate of 25%. Benmouna et al. (2018) achieved similar results. While no antimicrobial activity was detected in MRS medium, a clear inhibitory activity was observed after adding milk (25%) and yeast extract (%2.5) in MRS medium for three LAB strains. Avila et al. (2020) was tested a nisinogenic *L. lactis* INIA 415 as a starter in cheese that was produced with cow milk. The viable count of starter was 9.6, 9.7, and 9.6 log CFU/g for the 1st, 14th, and 21st days of the ripening time, respectively. The inhibition zone was also recorded to 26.6, 21.8, and 16.5 mm for analysis intervals. In another study, a nisin and lactacin 481 producing lactic acid bacteria was used as a starter culture to make cheese from ovine milk. The cheeses were kept at 12°C for 120 days for ripening. It was stated that LAB counts of the cheeses were similar at the beginning and

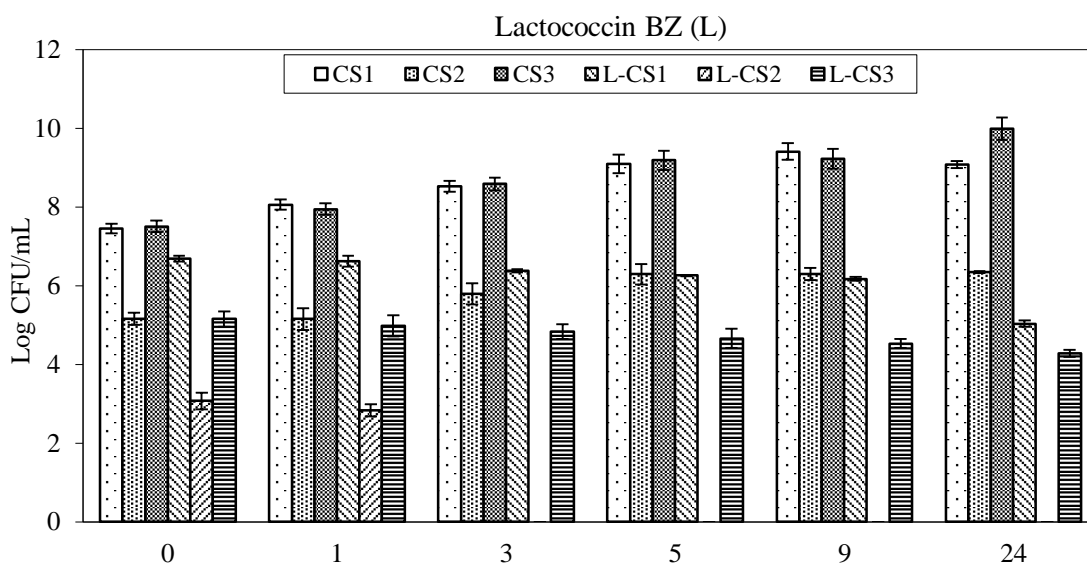
the end of the ripening. The bacteriocin activity was decreased to 19.2 mm after 120 days (Garde et al., 2011).

The activity of Lactococcin BZ and Enterocin KP against cheese starter cultures

The activity of bacteriocins on cheese starters was analyzed at 30°C for 24 hours. Lactococcin BZ and enterocin KP individually or together had an inhibitory effect against all tested starters ($P < 0.01$) (Fig.3). The counts of CS1 and CS3 cheese starters were decreased by lactococcin BZ at 1st and after 24 hours with counts 0.84 and 2.43 log CFU/mL for CS1, 2.52, and 3.22 log CFU/mL for CS3. The counts of CS2 cheese starter were detected below 1 log unit after 3 hours of application. Enterocin KP treated to starters resulted in reductions of CS1, CS2, and CS3 with count 0.34, 1.14, and 2.38 log CFU/mL after 1 hour, respectively. The effect of enterocin KP was lowered the counts of CS1, CS2, and CS3 to 1.23, 0.08, and 3.10 log CFU/mL after 24 hours of treatment. Synergistic antimicrobial activity was observed between lactococcin BZ and enterocin KP on the cheese starter cultures. The results are in concordance with total inhibition of CS1 and CS2 starters after 3 hours of application. The losses of the viable cell number of CS3 were 2.92

log in the first hour of incubation and over the 24 hours incubation period the decreases were reached 3.67 log unit. The pH values of the UHT milk samples containing only cheese starters were changed due to the metabolic activity of cultures (Fig.4). Besides, the UHT milk samples with bacteriocin showed no significant change in pH values during incubation ($P > 0.05$). In a previous study, lactococcin BZ and enterocin KP were tested against three types of yogurt starter cultures at 42°C for 24 hours. It was established that lactococcin BZ had an inhibitory effect against all kinds of starters whereas enterocin KP was effective in only two of them (Öncül et al., 2015). A bacteriocin, piscocolin 126, was tested against cheese starter strains including *L. lactis* subsp. *cremoris* (6), *L. lactis* subsp. *lactis* (6), *L. lactis* subsp. *diacetylactis* (4), *Leuconostoc* (4), and *S. thermophilus* (6). It was stated that the tested cultures were resistant against the piscocolin 126. The starters could grow in cheese milk and so, the acidity was developed (Wan et al., 1997). In another study, a bacteriocin produced from *L. bulgaricus* BB18 was analyzed on 11 yogurt starter cultures and these starters were also resistant to the tested

bacteriocin (Simova et al., 2008). Eissa et al. (2018) were evaluated the bacteriocins from *L. acidophilus* and *L. rhamnosus* on yogurt starter culture which contain *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* with 3% inulin. Both starters were resistant to the bacteriocins and were counted during the whole storage period (up to 44 days, at 4°C). The uses of bacteriocin producing strains like *L. lactis* ssp. *lactis*, *L. helveticus*, *E. faecium*, *E. faecalis*, *P. acidolactisi*, *P. pentasanes* as a starter or protective culture, and the application of their bacteriocins as an antimicrobial agent were caused to inhibition of pathogenic microorganisms in cheese during processing. Also, it has been demonstrated that both fermentation and maturation time was shortened when the bacteriocins were combined with a sensitive cheese starter culture, as well as cheese processing was become safer (Wan et al., 1997; Lauková and Czikková, 2001; Rodriguez et al., 2005; Deegan et al., 2006; Lopez and Beloso, 2008; Lacrois, 2008; Bizani et al., 2008). Like other bacteriocins, lactococcin BZ and enterocin KP have potential usage with resistant or sensitive cheese starter cultures.



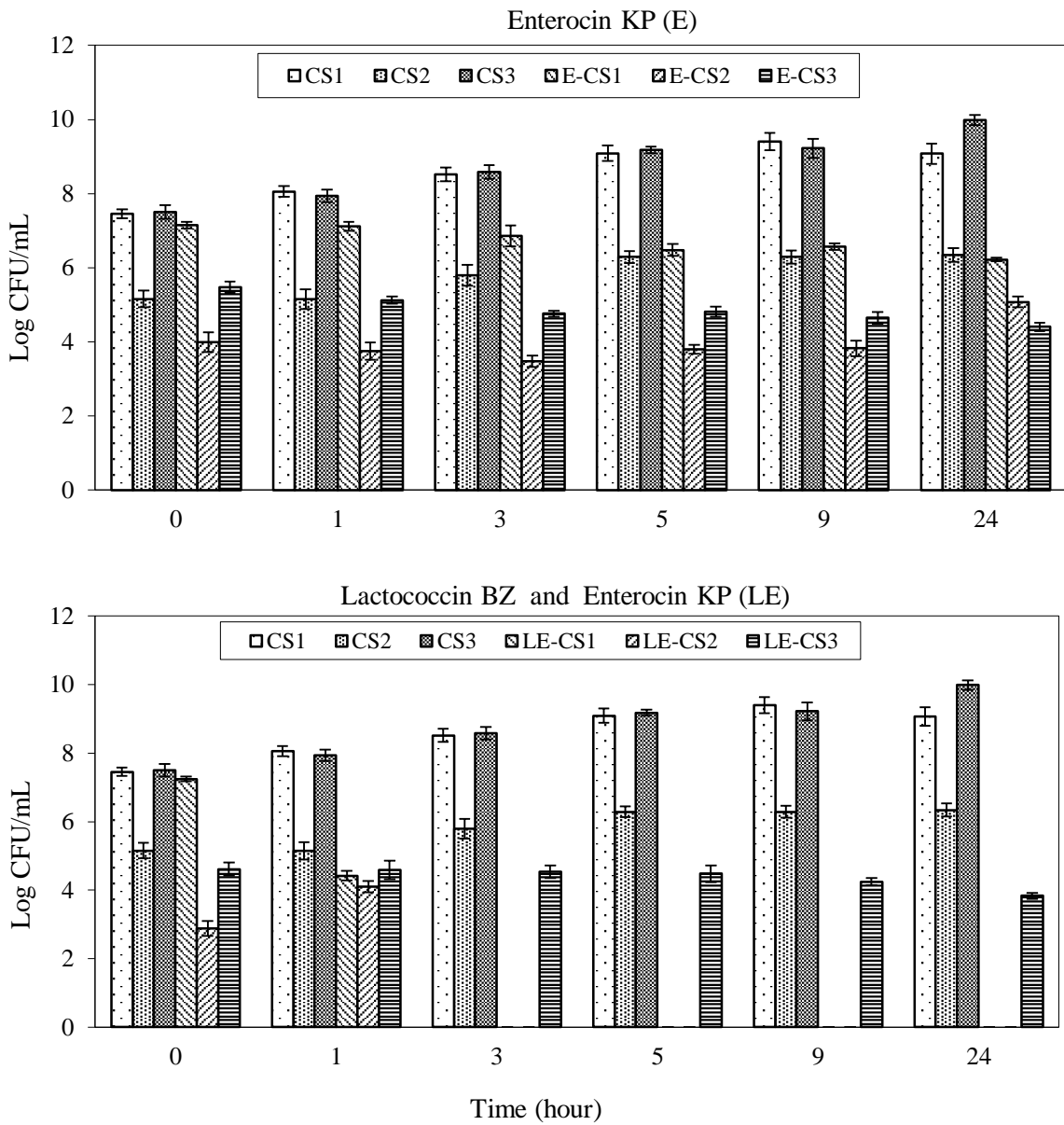


Figure 3. Activity of lactococcin BZ (L) and enterocin KP (E) alone or in combination (LE) against cheese starter cultures

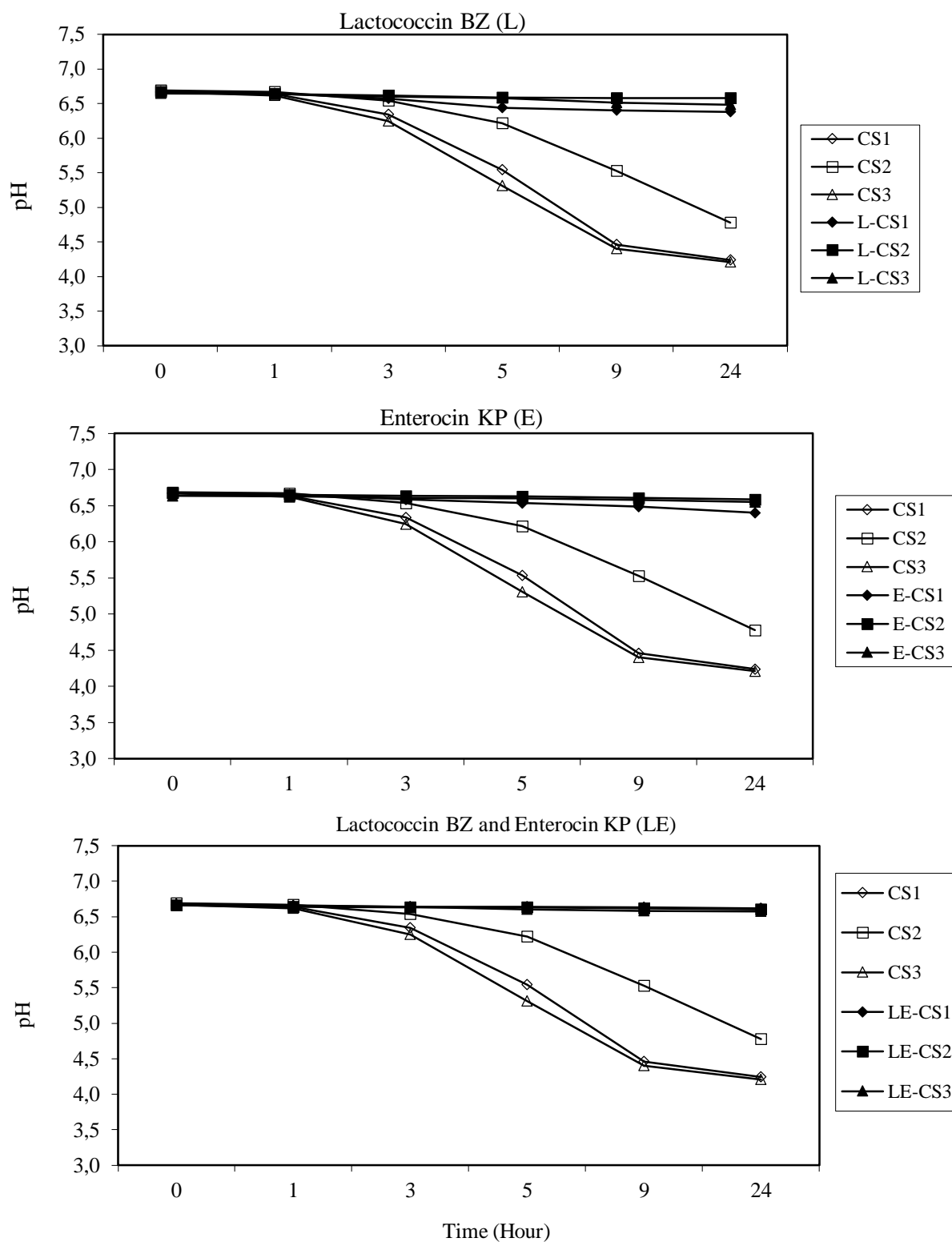


Figure 4. pH values of milk containing cheese culture and treated with lactococcin BZ (L) and enterocin KP (E) alone or in combination (LE)

As a conclusion, it was found that *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and *E. faecalis* KP can grow in full, half, and low fat milk. These strains synthesized bacteriocin in all types of milk samples and both of them produced more bacteriocin in low fat milk among the others. So, these bacteriocin producing strains seem to be new biopreservative cultures for the dairy industry. The bacteriocin activity towards three cheese starters was also observed in full fat milk at 1600 AU/mL. Lactococin BZ produced by *L. lactis* ssp. *lactis* BZ and enterocin KP produced by *E. faecalis* KP individually or together had an inhibitory effect against all tested starter culture. This gained an important property to the bacteriocins that shortened the fermentation process due to the sensitive starter cultures. At the same time, food safety will also be increased by using bacteriocins cause of their antimicrobial properties against pathogenic microorganisms.

FUNDING

This work was supported by the Gaziosmanpasa University, Turkey [grant number 2008-50].

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest among the authors and/or publication of this article.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

NÖ and ZY designed the research. NÖ carried out the analysis. NÖ and ZY made a statistical analysis and wrote the paper. The authors read and approved the final version of the article.

REFERENCES

Aasen, I.M., Moreto, T., Katla, T. (2000). Influence of complex nutrients, temperature and pH on bacteriocins production by *Lactobacillus sakei* CCUG 42687. *Appl Microbiol Biotechnol*, 53: 159-166, doi.org/10.1007/s002530050003.

AOAC (1995). Official methods of analysis AOAC INTERNATIONAL, 16th Edition, Washington, D.C., the USA.

Ávila, M., Gómez-Torres, N., Gaya, P., Garde, S. (2020). Effect of a nisin-producing lactococcal

starter on the late blowing defect of cheese caused by *Clostridium tyrobutyricum*. *Int J Food Sci Technol*, 1-7, doi.org/10.1111/ijfs.14598.

Beasley, S. (2004). Isolation, identification and exploitation lactic acid bacteria from human and animal microbiota. University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry and Viikki Graduate School in Biosciences, Department of Applied Chemistry and Microbiology Division of Microbiology, Academic Dissertation, Helsinki, Finland, 57 pages.

Benmouna, Z., Dalache, F., Karam, N., Zadi-Karam, H. (2018). Optimization and some characteristics of bacteriocin produced by *Enterococcus* sp. CM9 collected from Mauritanian Camel milk. *Emir J Food Agr*, 30(4): 275-282, https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i4.1662.

Bizani, D., Morrissy, J.A.C., Dominguez, A.P.M., Brandelli, A. (2008). Inhibition of *Listeria monocytogenes* in dairy products using the bacteriocin-like peptide cerein 8A. *Int J Food Microbiol*, 121 (2): 229–233, doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.016.

Chen, H., Hoover, D.G. (2003). Bacteriocins and their food applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2: 82-100, doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00016.x.

Cintas, L.M., Casaus, M.P., Herranz, C., Nes, I.F., Hernández, P.E. (2001). Review: bacteriocins of lactic acid bacteria. *Food Sci Technol Int*, 7 (4): 281-305, doi.org/10.1106/R8DE-P6HU-CLXP-5RYT.

Cleveland, J., Montville, T.J., Nes, I.F., Chikindas, M.L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol*, 71, 1-20, doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00560-8.

De Vuyst, L., Leroy, F. (2007). Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification, and food application. *J Mol Microbiol Biotechnol*, 13: 194-199, doi.org/10.1159/000104752.

Deegan, L.H., Cotter, P.D., Hill, C., Ross, P. (2006). Bacteriocins: biological tools for biopreservation and shelf-life extension. *Int Dairy*

- J, 16: 1058–1071, doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.026.
- Eissa, S. A., Elbarbary, H. A., Ibrahim, E., Mohammed, H. A. (2018). Growth pattern of starter cultures and antifungal activity of some bacteriocins and inulin in skim milk yoghurt. *Alex J Vet Sci*, 59 (2): 17-25, doi: 10.5455/ajvs.12522
- Foulquie Moreno, M.R., Callewaert, R., Devreese, B., Beeumen, J.V., De Vuyst, L. (2003). Isolation and biochemical characterisation of enterocins produced by enterococci from different sources. *J Appl Microbiol*, 94: 214-229, https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01823.x.
- Galvez, A., Abriouel, H., Lopez, R.L., Omar, N.B. (2007). Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol*, 120: 51-70, https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.001.
- Garde, S., Ávila, M., Arias, R., Gaya, P., Nuñez, M. (2011). Outgrowth inhibition of *Clostridium beijerinckii* spores by a bacteriocin-producing lactic culture in ovine milk cheese. *Int J Food Microbiol*, 150: 59–65, https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.018.
- Isleroglu, H., Yıldırım, Z., Tokatli, M., Oncul, N., Yıldırım, M. (2012). Partial characterisation of enterocin KP produced by *Enterococcus faecalis* KP, a cheese isolate. *Int J Dairy Technol*, 65: 90-97, https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00723.x.
- Khalid, F., Siddiqi, R., Mojjani, N. (1999). Detection and characterization of a heat stable bacteriocin (lactocin Lc-09) produced by a clinical isolate of lactobacilli. *Med J Islamic World Acad Sci*, 12 (3): 67-71.
- Klaenhammer, T.R. (1993). Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol Lett*, 12: 39-86, doi.org/10.1111/j.1574-6976.1993.tb00012.x
- Kuipers, O.P.P., Ruyter, G.G., Kleerebezem, A.M., Vos, W.M. (1997). Controlled overproduction of proteins by lactic acid bacteria. *Trends Biotechnol*, 15: 135-140, doi.org/10.1016/S0167-7799(97)01029-9.
- Lacrois, I.C. (2008). Cheese cultures: From just acidification to complex functionalities. 5th DF Symposium on Cheese Ripening, 9-13 March, 2008, Bern, Switzerland.
- Lauková, A., Czikková, S. (2001). Antagonistic effect of enterocin CCM 4231 from *Enterococcus faecium* on “bryndza”, a traditional Slovak dairy product from sheep milk. *Microbiol Res*, 156: 31-34, doi.org/10.1078/0944-5013-00078.
- Lopez, A.S., Belloso, O.M. (2008). Use of nisin and other bacteriocins for preservation of production in a *Lactobacillus* rn78 strain isolated from a dairy sample in Iran. *Med J Islamic World Acad Sci*, 16 (1): 19-24, doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.11.009.
- Mayr-Harting, A. (1972). Methods for studying bacteriocins. *Meth. Microbiol.*, 7: 315-422.
- Moreno, M.R., Leisner, J.J., Tee, L.K., Ley, C., Radu, S., Rusul, G., Vancanneyt, M., De Vuyst, L. (2002). Microbial analysis of malaysian tempeh, and characterization of two bacteriocins produced by isolates of *Enterococcus faecium*. *J Appl Microbiol*, 92 (1): 147-157, https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01509.x
- Öncül, N., Yıldırım, Z., Yıldırım, M. (2015). Laktokoksiz BZ ve Enterocin KP'nin Yoğurt Kültürlerinin Aktivitesi Üzerine Etkisi. *TURJAF*, 3(5): 342-345.
- O'Sullivan, L., Ross, R.P., Hill, C. (2002). Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie*, 84: 593-604, doi.org/10.1016/S0300-9084(02)01457-8.
- Papagianni, M. (2003). Ribosomally synthesized peptides with antimicrobial properties: biosynthesis, structure, function, and applications. *Biotechnol Adv*, 21: 465-499, doi.org/10.1016/S0734-9750(03)00077-6.
- Penna, T.C.V., Jozala, A.F., Novaes, L.C.L., Pessoa, A., Cholewa, O. (2005). Production of nisin by *Lactococcus lactis* in media with skimmed

- milk. *Biotechnol Appl Biochem*, 122: 619-637, doi.org/10.1385/ABAB:122:1-3:0619.
- Rodriguez, J.M., Martinez, M.I., Horn, N., Dodd, H.M. (2003). Heterologous production of bacteriocins by lactic acid bacteria. *Int J Food Microbiol*, 80: 101-116, doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00153-8.
- Rodriguez, E., Calzadaa J., Arque, J.L., Rodriguez, J.M, Nuneza, M., Medinaa, M. (2005). Antimicrobial activity of pediocin-producing *Lactococcus lactis* on *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* O157:H7 in cheese. *Int Dairy J*, 15: 51-57, doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.05.004.
- Şahingil, D., İşleroğlu, H., Yıldırım, Z., Akçelik, M., Yıldırım, M. (2011). Characterization of lactococcin BZ produced by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* BZ isolated from boza. *Turk J Biol*, 35(1): 21-33, doi:10.3906/biy-0906-48.
- Simova, E.D., Beshkova, Angelov, D.M., Dimitrov, M.P.P. (2008). Bacteriocin production by strain *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* BB18 during continuous prefermentation of yogurt starter culture and subsequent batch coagulation of milk. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 35: 559-567, doi: 10.1007/s10295-008-0317-x.
- Soomro, A.H., Masud, T., Anwaar, K. (2002). Role of lactic acid bacteria (LAB) in food preservation and human health – A Review. *Pak J Nutr*, 1(1): 20-24.
- Wan, J., Harmark, K., Davidson, B.E., Hillier, A.J., Gordon, J.B., Wilcock, A., Hickey, M.W., Coventry, M.J. (1997). Inhibition of *Listeria monocytogenes* by piscicolin 126 in milk and Camembert cheese manufactured with a thermophilic starter. *J Appl Microbiol*, 28: 273-280, doi.org/10.1046/j.1365-2672.1997.00349.x.

PEYNİR KÜFÜ OLARAK *PENICILLIUM ROQUEFORTI*'NİN TAKSONOMİSİ, MORFOLOJİK, GENETİK VE METABOLİK ÖZELLİKLERİ

Hatice Ebrar Kırtıl^{1**}, Banu Metin^{1,2}, Muhammet Arıcı³

¹İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda ve Tarım Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul, Türkiye

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş / Received: 17.07.2020; Kabul / Accepted: 07.11.2020; Online baskı / Published online: 20.11.2020

Kırtıl, H.E., Metin, B., Arıcı, M. (2020). Peynir küfü olarak *Penicillium roqueforti*'nin taksonomisi, morfolojik, genetik ve metabolik özellikleri. *GIDA* (2020) 45 (6): 1188-1200 doi: 10.15237/gida.GD20091

Kırtıl, H.E., Metin, B., Arıcı, M. (2020). Taxonomy, morphological, genetic and metabolic characteristics of *Penicillium roqueforti* as a cheese mold. *GIDA* (2020) 45 (6): 1188-1200 doi: 10.15237/gida.GD20091

ÖZ

Filamentli bir fungus olan *Penicillium roqueforti*, küflü peynirlerin olgunlaştırılmasında sekonder starter olarak kullanılmaktadır. Starter kültür olarak kullanılan işletmelerde, *P. roqueforti* direkt olarak süt içine katılabildiği gibi, peynir pıhtısı üzerine püskürtülerek de inoküle edilmektedir. Ticari starter kültür kullanılmadığında ise ortamdaki bulaşarak peynirde spontan olarak gelişebilir. Son yıllarda, *P. roqueforti*'nin morfolojik, metabolik ve genetik özellikleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Mağara ya da mahzen ortamından gelen *P. roqueforti*'nin peynir matrisine adaptasyonu ve yüzyıllar süren evcilleşme süreci hakkında yeni bulgular ortaya çıkmıştır. Ayrıca, *P. roqueforti*'nin eşeyli üreme yapabildiği tespit edilmiştir ki, bunun biyoteknolojik açıdan büyük önemi söz konusudur. Bu derlemede, gıda endüstrisi için değerli bir tür olan *P. roqueforti*'nin taksonomik, morfolojik, genetik ve metabolik özellikleri sunulmuş, bu özelliklerin küflü peynir üretiminde kullanımı değerlendirilmiş ve *P. roqueforti*'nin biyoteknolojik potansiyeli vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Penicillium roqueforti*, küflü peynir, starter kültür, taksonomi, genetik özellikler

TAXONOMY, MORPHOLOGICAL, GENETIC AND METABOLIC CHARACTERISTICS OF *PENICILLIUM ROQUEFORTI* AS A CHEESE MOLD

ABSTRACT

Penicillium roqueforti is a filamentous fungus used as secondary starter culture in mold-ripening of cheese. In facilities using starter cultures, *P. roqueforti* is added directly in milk or introduced by spraying on the cheese curd. If a commercial starter is not used, the fungus can spontaneously grow on cheese through contamination from the environment. In recent years, studies on morphological, metabolic, and genetic characteristics of *P. roqueforti* have been conducted. New findings have been reported on the adaptation of *P. roqueforti* that originates from caves or cellars, to cheese matrix and the domestication process that has been going on for centuries. In addition, this species was found to be able to reproduce sexually, which is of great biotechnological importance. In this review, taxonomic, morphological, genetic, and metabolic features of *P. roqueforti* are presented, the use of

* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author:

✉ : hatice.kirtıl@izu.edu.tr

☎ : (+90) 212 692 9820

☎ : (+90) 212 693 8229

Hatice Ebrar Kırtıl; ORCID no: 0000-0003-0784-4452

Banu Metin; ORCID no: 0000-0002-3203-0058

Muhammet Arıcı; ORCID no: 0000-0003-4126-200X

these characteristics in cheese production and the biotechnological potential of *P. roqueforti* is emphasized.

Keywords: *Penicillium roqueforti*, mold-ripened cheeses, starter culture, taxonomy, genetic characteristics

GİRİŞ

Ascomycetes'lerin (altşube, sınıf, takım; *Peziizomycotina*, *Eurotiomycetes*, *Eurotiales*) *Aspergillaceae* ailesinin yaklaşık 354 *Penicillium* türü arasında yer alan *Penicillium roqueforti*, özellikle Rokfor, Stilton, Danablu, Gorgonzola ve Blauschimmelkäse gibi mavi-damarlı peynirlerle ilişkilendirilen, ayrıca tahıl, yem, toprak gibi peynir harici izolasyon kaynakları olan saprotrof, filamentli bir fungustur (Frisvad ve Samson, 2004; Visagie vd., 2014). *P. roqueforti*, ülkemizde üretilen Erzurum Küflü Civil, Divle Obruk ve Konya Küflü gibi küflü peynirlerden de izole edilerek tanımlanmıştır (Çakmakçı vd., 2012; Öztürkoğlu Budak, 2016; Kırtıl, 2018; Seri, 2020). İlk olarak, *P. roqueforti* Thom adıyla peynirden izole edilmiştir. *P. roqueforti*'nin identifikasyonunda önceleri morfolojisi ve ürettiği metabolitler kullanılmıştır (Frisvad ve Samson, 2004). Son yıllarda bu türün tanımlanmasında ve çeşitliliğinin belirlenmesinde moleküler teknikler (rastgele çoğaltılmış polimorfik DNA (RAPD), ribozomal RNA (rRNA) dizileme, multilokus dizi tiplendirme (MLST) vb.) kullanılmaktadır (Geisen vd., 2001; Fernandez-Bodega vd., 2009; Visagie vd., 2014; Gillot vd., 2015). Bu türün, taksonomik olarak *P. carneum*, *P. paneum* ve *P. psychrosexualis* türlerine yakın olduğu tespit edilmiştir (Houbraeken vd., 2010). Yakın zamanda bu seri içinde, *P. mediterraneum* olarak adlandırılan bir tür daha tanımlanmıştır (Guevara-Suarez vd., 2020).

P. roqueforti'nin izolasyonunda ve koloni morfolojisinin incelenmesinde Czapek Dox Agar (CDA), Czapek Yeast Agar (CYA), Kreatin Sükroz Agar (CREA), Malt Ekstrakt Agar (MEA), Potato Dekstroz Agar (PDA), Yeast Ekstrakt Sükroz Agar (YES), Oat Meal Agar (OA) besiyerleri kullanılmaktadır (Frisvad ve Samson, 2004). Fungal koloniler, CYA ve MEA besiyerlerinde 14 günde 40-70 mm çapına ulaşırlar. Koloniler, açık yeşilden koyu yeşile değişen tipik mavi-yeşil renktedir. Koloni yapısı, kadifemsi dokudan damarlı dokuya kadar değişebilir (Frisvad ve Samson, 2004). Gillot vd.

(2015), PDA'da 25°C'de 7 gün inkübasyon sonucu inceledikleri *P. roqueforti* suşlarının makroskopik morfolojilerinde çeşitliliğinin olduğunu belirtmişlerdir. Genellikle, aseksüel spor üretmekle birlikte (Frisvad ve Samson, 2004), *P. roqueforti*'nin bazı şartlar altında eşeyli üreme yaptığı da tespit edilmiştir (Ropars vd., 2012; 2014).

P. roqueforti, gelişme şartlarına göre, bazı biyoaktif bileşikler, aroma maddeleri ve mikotoksinler gibi çok sayıda primer ve sekonder metabolit üretebilir. Peynir ortamında *P. roqueforti*'nin andrastin A, B gibi antitümör etkili bileşiklerin yanı sıra; mikofenolik asit gibi antimikrobiyal ve immüsupresif özelliklere sahip metabolitleri de sentezlediği bildirilmiştir. Bu bileşiklerin yanı sıra, rokfortin C, isofumigaklavin, PR toksin gibi mikotoksinleri de ürettiği ifade edilmiştir (Frisvad ve Samson, 2004; Garcia-Estrada ve Martin, 2016; Gillot vd., 2017a; Martin ve Coton, 2017). Ancak son çalışmalarda, *P. roqueforti*'nin bazı metabolitleri peynir ortamında insan sağlığına olumsuz bir etkisinin olmayacağı kadar düşük konsantrasyonlarda ürettiği, PR toksinin de yine peynir ortamında daha az toksik başka bileşiklere dönüştüğü tespit edilmiştir (Hymery vd., 2014). Bu bulgular, Renaud ve Lorgeril (1992)'in ortaya attığı Fransız Paradoksu'nu tekrar gündeme getirmiştir. Bu paradoks, doymuş yağ içeriği yüksek bir beslenme şekline sahip Fransızların, epidemiyolojik bir çalışma sonucu kardiyovasküler hastalıklardan kaynaklanan ölümlerinin düşük oranlarda olduğunun tespit edilmesiyle ortaya atılmıştır. Ancak, Petyaev ve Bashmakov (2012), daha sonra bu durumun Fransa'da yüksek oranlarda mavi-damarlı peynir tüketiminden gelen andrastin A, B ve mikofenolik asit gibi biyoaktif bileşiklerden kaynaklandığını öne sürmüştür. Bu bakış açısı, mavi-damarlı ya da küfle olgunlaştırılmış peynirlerin seçkin organoleptik özelliklerinin yanı sıra biyolojik açıdan da değerli olabileceğini düşündürmektedir. Peynirlerin üretiminde sekonder starter kültür olan *P. roqueforti*'nin, sadece yüzeyde değil,

peynirin içinde de üremesi istendiğinden, olgunlaşma başlangıcında peynirde ince çubuklarla delikler açılarak küfün iç kısımlara da erişmesi ve yerleşmesi sağlanır; bu şekilde karakteristik mavi-damarlı yapıya ulaşılır. Bu tür, olgunlaşma sürecinde, geleneksel peynir üretiminde ortamdaki gelip peynirde gelişebileceği gibi, ticari starter formunda da peynire inoküle edilebilir (Fox vd., 2016a; Metin, 2018). Ülkemizde üretilen Erzurum Küflü Civil, Divle Obruk, Konya Küflü, Kars Çeçil, Elazığ-Bingöl Tomas, Hatay Sürk, Çömlek Tulum, Akdeniz Tulum gibi küflü peynirlerde ise daha çok geleneksel küflendirme söz konusudur (Çakmakçı, 2011; Yalman vd., 2016). Son yıllarda yapılan çalışmalarda geleneksel küflü peynirlerimizde baskın küf türünün, Avrupa tipi mavi-damarlı peynirlerdeki gibi, *P. roqueforti* olduğu tespit edilmiştir (Çakmakçı vd., 2012; Öztürkoglu Budak, 2016; Yalman vd., 2016).

P. roqueforti'nin olgunlaştırma sürecinde peynirde baskın türü oluşturmasını, yüzyıllar boyunca peynir ortamına adaptasyonunun ve evcilleşme sürecinin sağladığı öne sürülmüştür (Gibbons ve Rinker, 2015; Bodinaku vd., 2019). *P. roqueforti*'nin evcilleşme süreci özellikle, muhtelemen diğer peynir mikroorganizmalarından genomuna kazandırdığı yatay gen transfer bölgelerinde (horizontal gene transfer, HGT) bulunan laktoz metabolizması ve antimikrobiyal özellikleri içeren *CheesyTer* ve *Wallaby* gen bölgeleriyle ilişkilendirilmiştir (Cheeseman vd., 2014; Ropars vd., 2015).

Son on yılda, *P. roqueforti*'nin taksonomisi, genetik özellikleri, çeşitliliği, eşeyli üreme potansiyeli, fizyolojisi ve metabolizması ile ilgili çalışmalar yapılmış ve biyoteknolojik değeri ortaya konmuştur. Bu derlemede, bu türün morfolojisi, taksonomisi, genetiği, fizyolojisi, metabolizması ve biyoteknolojik potansiyeli ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

P. ROQUEFORTI'NİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

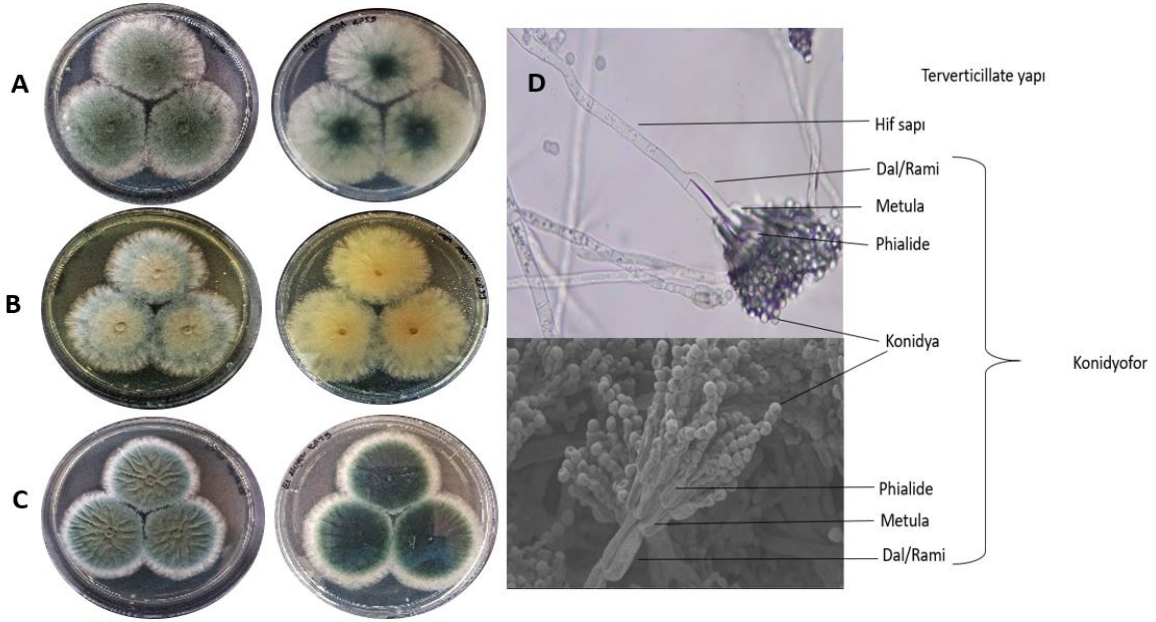
P. roqueforti'nin makroskopik morfolojisinin değerlendirmesinde, CDA, CYA, CREA, MEA, PDA, YES, OA gibi besiyerlerinde gösterdiği koloni şekli, yapısı/dokusu ve renkleri, koloni

çapları ve eksudat oluşturma özellikleri değerlendirilmiştir (Frisvad ve Samson, 2004; Visagie vd., 2014). Koloniler, genellikle açık yeşilden koyu yeşile değişen renktedir. Koloni yapıları ise, tüylü, kadifemsi, damarlı (buruşuk) görünümlü olabilir (Frisvad ve Samson, 2004). Kolonilerin renkleri ve yapıları, besiyeri bileşimi (farklı şeker kullanımı gibi) ve inkübasyon şartlarına göre değişebilir. PDA besiyerinde 25°C'de 7 gün inkübasyonu sonucu, *P. roqueforti* suşları arasında koloni rengi farklılıkları net bir şekilde tespit edilmiş ve makroskopik morfolojilerinde çeşitliliğin olduğu belirtilmiştir. Bu besiyerinde açık yeşilden koyu yeşile, zeytin yeşilinden donuk yeşile farklı renkli koloniler görülebilir (Gillot vd., 2015). Koloniler, MEA besiyerinde, yeşil, sarı-turuncu renk oluşturabilir. Koloni dokuları, PDA ve MEA besiyerlerinde kadifemsi-yünlü ve merkezleri bombeli yapı gösterirken, YES besiyerinde damarlı (buruşuk) yapı oluşabilir (Şekil 1). Ayrıca besiyerinde, kolonilerin arka kısımları ise, açık yeşil olmasının yanı sıra krem, sarı, kahverengi veya turuncu renkler gösterebilir. Bazı suşlar, koloni üzerinde, hiyalin damlacıkları şeklinde eksudat denilen bir çeşit sıvı salgılar. Kolonilerin dış çeperinde beyaz yünsü yapılar oluşabilir. Kolonilerin çapları ise, CYA ve MEA besiyerlerinde 14 günde 40-70 mm'ye ulaşır (Frisvad ve Samson, 2004; Visagie vd., 2014; MycoBank, 2020).

P. roqueforti'nin mikroskopik özelliklerinin incelenmesinde, miselyum ve hif yapılarına bakılır. Birden fazla hücrenin yan yana gelmesiyle oluşturdukları iplikli yapıya hif, hif topluluğuna ise miselyum denir. Bu türü, diğer *Penicillium* türlerinden ayırmak için mikroskop altında hif, hif sapı, konidyofor, konidya, phialide, metula, rami/dal (Şekil 1) farklılıkları değerlendirilir (Frisvad ve Samson, 2004; Visagie vd., 2014). Ancak, *P. roqueforti* suşlarının mikroskopik yapılarını inceleyerek ayırım yapmak mümkün değildir. Kitinsi sert bir tabakadan oluşan hücre duvarlarının yanı sıra, hif sapları (ince, uzun, saydam yapılar), septalı (bölme) veya septasız (bölmesiz) olabilir. Küfün gelişimi esnasında oksijen yokluğunda oluşmayan yumrular (ornamentation), oksijen varlığında hif sapları (stipe) üzerinde yer alabilir. Konidyoforlar ise;

konidyalar, phialide, metula ve ramiden oluşan hifin baş kısmıdır. Bu kısım, 100-200 µm x 4-6,5 µm boyutlarındadır ve ikili dallanmaya (terverticillate) veya ikiden fazla dallanmaya (quaterverticillate) sahip olabilir (Şekil 1).

Konidya, 4-8 µm çapında ve genellikle küresel şekillidir. Phialide, metula ve rami kısımları silindirdir şekillidir ve sırasıyla, 8-10 µm x 2,53 µm, 10-17 µm x 3-4 µm ve 17-33 µm x 3-4 µm boyutlarındadır (Frisvad ve Samson, 2004; Visagie vd., 2014).



Şekil 1. Bir *Penicillium roqueforti* suşunun farklı besiyerlerinde, sırasıyla, PDA'da ön-arka (A), MEA'da ön-arka (B), YES'de ön-arka (C) koloni morfolojileri ve mikroskopik hif yapısı (D) (Kırıtıl, 2018; Seri, 2020)

P. ROQUEFORTI'NİN TAKSONOMİSİ VE GENETİĞİ

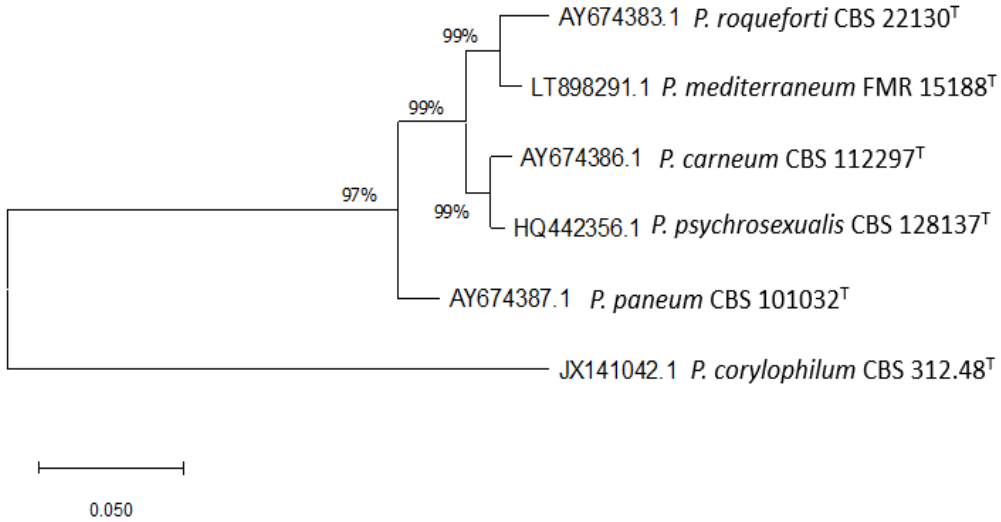
Penicillium roqueforti türü, *Penicillium* cinsinin *Roquefortorum* (*Roqueforti*) serisinde sınıflandırılır. Bu seride filogenetik olarak birbirine yakın türler, *P. roqueforti*, *P. carneum*, *P. paneum*, *P. psychrosexualis* ve *P. mediterraneum* ile yer almaktadır (Houbraken vd., 2010; Guevara-Suarez vd., 2020). Funguslar için genetik tanımlamada kullanılan universal gen bölgelerinden 18S rRNA ve 28S (D1/D2) rRNA, bu türleri tam olarak ayıramamaktadır. Bu türlerin tanımlanmasında ve sınıflandırılmasında, ITS, β -tubulin (*tub2*, *benA*), calmodulin (*cmdA*) ve RNA polimeraz II geni alt birimi (*rpb2*) gen bölgeleriyle çoklu bölge dizi tüplemesi (MLST) analizi son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (Houbraken vd., 2010; Houbraken vd., 2016; Guevara-Suarez vd., 2020). Özellikle, *Roquefortorum* serisinin β -tubulin dizilimlerinin polimorfizm gösterdiği bildirilmiştir (Houbraken vd., 2010). *Roquefortorum* serisi

üyelerinin β -tubulin dizilimleri kullanılarak elde edilen filogenetik ağaç, türlerin ayrımını açıkça göstermektedir (Şekil 2). Bu ağaca göre, *P. roqueforti*'ye en yakın türün *P. mediterraneum* olduğu görülmektedir. Otçul hayvan gübrelerinden izole edilmiş olan *P. mediterraneum*, *Roquefortorum* serisine yeni dahil edilmiştir. Bu türün, *P. roqueforti* ile ITS dizilimi aynı iken, *tub2*, *cmdA*, *rpb2* dizilimlerinde farklılıkların olduğu ifade edilmiştir (Guevara-Suarez vd., 2020).

P. roqueforti suşlarının da kendi içinde çeşitlilik gösterdiği bildirilmiştir. Gillot vd. (2015), *P. roqueforti*'nin farklı morfolojilere sahip izolatları arasında 9 değişik morfolojik tipi olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada çeşitli lokuslar polimorfizm açısından incelenmiş; çeşitlilik hakkında bilgi verici 8 lokus (β -*tub*, *cmd*, *cct8*, *tsr1*, *mcm7*, *Proq235*, *Proq631*, *Proq845*) ve 4 mikrosatelit bölgesi (*Proq16*, *Proq17*, *Proq01_3*, *Proq02_2*)

tespit edilmiştir. *P. roqueforti* izolatlarının bu polimorfik bölgeler kullanılarak birbirlerine yakınlıklarına göre gruplara ayrılması sonucunda,

değişik peynir türlerinden elde edilen izolatların değişik gruplara yerleştiği görülmüştür.



Şekil 2. *Roquefortorum* serisinin β -tubulin gen dizilimleri ve Maximum-likelihood metodu kullanılarak elde edilen filogenetik ilişkisi. Kullanılan tip (T) suşlar: *Penicillium roqueforti* CBS 221.30T (AY674383.1), *Penicillium mediterraneum* FMR 15188T (LT898291.1), *Penicillium carneum* CBS 112297T (AY674386.1), *Penicillium psychrosexualis* CBS 128137T (HQ442356.1) ve *Penicillium paneum* CBS 101032T (AY674387.1). Dizilimler Clustal W programı ile hizalanmış ve filogenetik ağaç, Mega X (Versiyon 10.1.1) programı kullanılarak oluşturulmuştur.

P. roqueforti'nin farklı morfolojilere sahip suşları, daha önce, kullanıldığı peynire özgü, teknolojik olarak *P. glaucum*, *P. gorgonzolae*, *P. stilton* şeklinde isimlendirilmiştir. Ancak, bu isimlendirme taksonomik geçerliliği olmadığı için kullanılmamıştır (Gillot vd., 2015). Son çalışmalarda, yüzyıllar boyunca farklı peynir üretim proseslerinin kullanılmasının *P. roqueforti* popülasyon yapısını şekillendirdiği öne sürülmüştür. Böylece, bu türün evrimleşme sürecine dair ipuçları sunulmuştur (Gibbons ve Rinker, 2015; Gillot vd., 2015; Ropars vd., 2016a; Ropars vd., 2016b; Bodinaku vd., 2019; Dumas vd., 2020). Farklı peynir türlerine ait izolatların kümelenmesiyle, *P. roqueforti* popülasyonunun yabancı ortak bir atadan gelerek nasıl evcilleştirildiğine, peynir ortamına nasıl adapte olduğuna ve genetik farklılıklarına dair ipuçları elde edilmiştir. Fungusların evcilleşmesi ve ortam adaptasyonunun, yatay gen transferi (HGT), tekrarlı indüklenmiş nokta (RIP) mutasyonları,

seçici delesyon, hibridizasyon gibi mekanizmalar ve retrotranspozonlar, hareketli DNA elemanları gibi araçlar ile sağlanmış olabileceği ifade edilmiştir. Bunlar arasında HGT'nin gıda zincirinde farklı örnekleri belirtilmiş olup, adaptasyon sürecinde ön plana çıkmıştır (Cheeseman vd., 2014; Dumas vd., 2020). *P. roqueforti*'nin evcilleşme süreci, özellikle genomuna kazandırdığı yatay gen transfer bölgelerinde (HGT) bulunan, laktoz metabolizması ve antimikrobiyal özellikleri içeren, *CheesyTer* ve *Wallaby* gen bölgeleriyle ilişkilendirilmiştir. Peynirin olgunlaşma sürecinin ilk günlerinde, bu bölgelerdeki genler yüksek oranda ifade edilerek *P. roqueforti* suşlarına, diğer türlere karşı peynir ortamında yarışmacı ve hızlı gelişme özelliklerini kazandırmaktadır (Cheeseman vd., 2014; Ropars vd., 2015; Dumas vd., 2020). Ayrıca bu bölgeler vasıtasıyla *P. roqueforti* peynirin besin kaynaklarını kullanabilme, proteoliz ve lipoliz mekanizmaları, tuzlu ortamda gelişme, peynirin olgunlaşma

sürecinin başında düşük pH değerini tolere etme, peynir oyuklarına kolonizasyon yeteneği gibi özellikler kazanmıştır (Ropars vd., 2012; Monnet vd., 2014). HGT bölgeleri, *P. roqueforti* FM164 suşunun tüm genomunun dizilenmesiyle, bu türde ilk defa tespit edilmiştir (Ropars vd., 2012; Cheeseman vd., 2014; Ropars vd., 2015). *Wallaby* bölgesi, 248 geni barındırdığından ve 575 kb boyutunda olduğundan uzun bir genomik ada olarak tanımlanmıştır. Bu bölgede bulunan *paf* ve *hce2* genlerinin, *P. roqueforti*'nin diğer mikroorganizmalara karşı antagonistik özellikleri barındıran antifungal proteinleri kodladığı ifade edilmiştir (Cheeseman vd., 2014; Ropars vd., 2015; 2016a). İkinci büyük bölge olan *CheesyTer*'in, 37 gen bulundurduğu ve 80 kb uzunluğunda olduğu tespit edilmiştir. Bu bölge, laktoz metabolizmasından sorumlu laktoz permeaz ve β -galaktosidaz mekanizmalarını kodlayan genleri barındırır (Ropars vd., 2015). Ayrıca, HGT bölgelerini bulandıran *P. roqueforti* suşlarının peynir aromasına da önemli katkısı bulunmaktadır. Lipoliz sonucu peynir ortamında lipid degradasyonunun artmasıyla, ketonlar ve uçucu bileşikler açığa çıkmaktadır. Bunlardan en önemlileri, küflü aroma yerine peynirimsi aromaların ortamda oluşmasını sağlayan 2-heptanon, 8-nonen-2-on, 2-tridekanon gibi bileşiklerdir (Bodinaku vd., 2019; Dumas vd., 2020). Gürkan vd. (2018), Erzurum Civil peynirlerinde çoğunlukla ketonlardan ve alkollerden oluşan 65 uçucu bileşik tespit etmiş ve bu bileşiklerden 2-nonanon, 3-metil-2-pentanon, 2-bütanon ve 2-pentanon ön plana çıkmıştır. Ayrıca bu bileşikler ve oranları, peynirin olgunlaşma sıcaklığı ve süresine göre değişmiştir.

P. roqueforti pek çok ekolojik ortamda bulunabilir. Bu türün, Rokfor peyniri ve diğer peynirlerden izole edilen suşlarının yanı sıra, ağaçlık alan, silaj ya da gıda kontaminantı olarak peynir dışı ortamdan izole edilen suşları olarak toplam 4 popülasyonu belirlenmiştir (Gillot vd., 2015; Coton vd., 2020; Dumas vd., 2020) (Çizelge 1). Bu popülasyonlar, koloni yapısı ve rengi, gelişme hızı, sporlanma oranı ve hızı gibi fenotipik farklılıklar göstermektedir. Popülasyon 4, *Wallaby* ve

CheesyTer genlerini bulundurmaktadır. Ayrıca bu popülasyonda, mikofenolik asit üretiminde anahtar gen olan *mpaC*'de 174 bp'lik bir delesyon nedeniyle, bu toksinin üretimi çok düşük düzeyde olmakta ya da yapılamamaktadır (Gillot vd., 2017b; Coton vd., 2020). Rokfor peynirinden izole edilen Popülasyon 3'te, Popülasyon 1 ve Popülasyon 2'de olduğu gibi HGT bölgeleri bulunmamakta ve *mpaC* geni bulunmaktadır. Bu popülasyonun farklı bir kaynaktan gelerek (silaj ortamından vb.) mağara ortamından peynire yerleşmiş olabileceği öne sürülmüştür (Ropars vd., 2017; Dumas vd., 2020).

Son çalışmalar, *P. roqueforti*'nin eşeyli üreme yapabildiğini ortaya koymuştur (Ropars vd., 2014; 2016b). *Ascomycetes*'lerden *P. roqueforti*'nin farklı popülasyonlarının haploid genomlarının *MAT1-1* ya da *MAT1-2* olmak üzere, insandaki X ve Y kromozomlarına benzer şekilde, tek bir eşey tipi lokusu taşıdığı bildirilmiştir (Ropars vd., 2016a). Bu lokus, feromonlar ve feromon reseptörlerinin üretimini indükleyen transkripsiyon faktörlerini kodlar (Lopez-Villavicencio vd., 2010). Ropars vd. (2014), *P. roqueforti* suşlarının biyotin ilave edilmiş Oat Meal Agar (OA)'da eşeyli üreme özelliklerini incelemiştir. Suşların besince zengin ve stabil koşullarda değil de zorlu koşullarda eşeyli üreme yapabildiği bildirilmiştir. Evrimsel süreçte, eşeyli üreme genlerinin *P. roqueforti*'de yüksek oranda korunmuş olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, peynirden izole edilen popülasyonun %91'inin *MAT1-2* eşey tipine sahip olduğu tespit edilmiştir. *MAT1-1* eşey tipi, daha çok diğer *P. roqueforti* popülasyonlarında (%82) tespit edilmiştir (Ropars vd., 2014). Deneysel çalışmalar, eşeyli üremenin eşesiz üremeye göre zararlı mutasyonları azalttığını ortaya koymuştur (Ropars vd., 2012). Eşeyli üremenin biyoteknolojik açıdan da önemi söz konusudur. Peynir üretiminde çeşitliliği sağlayacak farklı fenotiplere sahip yeni genotipler kolaylıkla geliştirilebilir veya rekombine edilebilir. Yeni nesil suşlar, eşleşen atalarının her ikisinden de gen olarak yeni özellikler kazanabilir ve değişken çevre koşullarına dayanıklı hale gelebilir (Ropars vd., 2012; 2014).

Çizelge 1. *P. roqueforti* popülasyonları ve özellikleri (Coton vd., 2020)

Popülasyon Türü	İzolasyon Kaynağı	HGS Bölgeleri		Metabolitler	
		<i>Wallaby</i>	<i>CheesyTer</i>	<i>mpaC</i> Geni	Metabolitler
Popülasyon 1	Ağaçlık alan, Gıda kontaminantı	Yok	Yok	Var	7'den fazla metabolit ve 65'ten fazla uçucu bileşik** üretimi
Popülasyon 2	Silaj, Gıda kontaminantı	Yok	Yok	Var	
Popülasyon 3	Rokfor peyniri	Yok	Yok	Var	
Popülasyon 4	Diğer peynirler	Var	Var	Delesyon*	

**mpaC* geni delesyona uğradığından mikofenolik asit üretimi çok düşük/yok düzeyde.

**Popülasyon 3'teki suşlar, uçucu bileşik çeşitliliğine sahipken; Popülasyon 4, düşük çeşitliliğe sahip.

Son çalışmalar, *P. roqueforti*'nin eşeyli üreme yapabildiğini ortaya koymuştur (Ropars vd., 2014; 2016b). *Ascomycetes*'lerden *P. roqueforti*'nin farklı popülasyonlarının haploid genomlarının *MAT1-1* ya da *MAT1-2* olmak üzere, insandaki X ve Y kromozomlarına benzer şekilde, tek bir eşey tipi lokusu taşıdığı bildirilmiştir (Ropars vd., 2016a). Bu lokus, feromonlar ve feromon reseptörlerinin üretimini indükleyen transkripsiyon faktörlerini kodlar (Lopez-Villavicencio vd., 2010). Ropars vd. (2014), *P. roqueforti* suşlarının biyotin ilave edilmiş Oat Meal Agar (OA)'da eşeyli üreme özelliklerini incelemiştir. Suşların besince zengin ve stabil koşullarda değil de zorlu koşullarda eşeyli üreme yapabildiği bildirilmiştir. Evrimsel süreçte, eşeyli üreme genlerinin *P. roqueforti*'de yüksek oranda korunmuş olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, peynirden izole edilen popülasyonun %91'inin *MAT1-2* eşey tipine sahip olduğu tespit edilmiştir. *MAT1-1* eşey tipi, daha çok diğer *P. roqueforti* popülasyonlarında (%82) tespit edilmiştir (Ropars vd., 2014). Deneysel çalışmalar, eşeyli üremenin eşeysiz üremeye göre zararlı mutasyonları azalttığını ortaya koymaktadır (Ropars vd., 2012). Eşeyli üremenin biyoteknolojik açıdan da önemi söz konusudur. Peynir üretiminde çeşitliliği sağlayacak farklı fenotiplere sahip yeni genotipler kolaylıkla geliştirilebilir veya rekombine edilebilir. Yeni nesil suşlar, eşleşen atalarının her ikisinden de gen alarak yeni özellikler kazanabilir ve değişken çevre koşullarına dayanıklı hale gelebilir (Ropars vd., 2012; 2014).

***P. ROQUEFORTI*'NİN FİZYOLOJİSİ VE METABOLİZMASI**

P. roqueforti'nin optimum inkübasyon şartları, aerobik ortam ve 25°C'de 5-7 gündür. Ayrıca,

propiyonik aside, asetik aside, laktik aside, yüksek konsantrasyonda CO₂'ye ve %5'e kadar NaCl'ye tolerans göstermektedir. Ayrıca, peynirin olgunlaşması sırasında, depo koşullarındaki (10-12°C) sıcaklıklarda gelişebilir ve daha düşük sıcaklıklara da dayanıklıdır (Frisvad ve Samson, 2004; Visagie vd., 2014; Gillot vd., 2015). Bu tür, peynirdeki metabolik süreçler sonucu primer ve sekonder metabolitler üretebilir. Primer metabolitler, yaşamsal faaliyetler sonucu oluşan temel metabolizma ürünleridir. Peynirden izole edilen pek çok *P. roqueforti* suşu, karbonhidrat metabolizmasında laktoz permeaz ve β-galaktosidaz enzimlerini bulundurduğundan laktozu kullanabilir (Ropars vd., 2015). Proteolitik ve lipolitik aktiviteler sonucu bazı biyoaktif peptidler ve uçucu aromatik bileşikler (2-heptanon, 8-nonen-2-on, 2-tridekanon vb.) üretebilir. *P. roqueforti*, melanin biyosentezi gen kümesini bulundurduğundan mavi-damarlı, küfle olgunlaştırılan peynirlere has mavi-yeşil renkleri oluşturan pigmentleri üretir. Bu pigmentlerin spor yüzeyini kaplayan melanini oluşturduğu bildirilmiştir (Cleere, 2017; Bodinaku vd., 2019; Coton vd., 2020). Daha önce *Aspergillus fumigatus*'ta bulunan DHN-melanin biyosentez yolu, *P. roqueforti*'de de tespit edilmiştir. DHN-melanin biyosentezi gen kümesi, 6 gen içerir ve 19 kb büyüklüğündedir. Bu gen kümesinde bulunan genlerin UV mutajenez yöntemi kullanılarak kahverengi, pembe, yeşil, koyu mavi, beyaz renkli sporlar üretilebildiği ifade edilmiştir. Böylece, mutant sporlar kullanılarak değişik renkte peynirler üretilebilir ve peynir endüstrisine ilgi çekici bir pazarlama stratejisi olarak sunulabilir (Cleere, 2017).

Sekonder metabolitler, genellikle yaşamsal faaliyetleri sürdürmek için gerekli olmayan, mikotoksinleri ve bazı biyoaktif bileşikleri içerirler. Bazıları tıbbi uygulamalarda ve farmakolojide kullanılırken, bazıları da insan sağlığına zararlıdır. Mikotoksinler, sağlık problemlerine (kanserojen, teratojen, mutajen etkiler vb.) neden olmalarının yanı sıra ekonomik zararlara da yol açabilirler (Şengün vd., 2008; Hymery vd., 2014). Sekonder metabolitler genel olarak, yapı bloklarından; özellikle terpen sentaz, poliketid sentaz, ribozomal sentaz ve ribozomal olmayan peptid sentaz enzim gruplarının aktiviteleriyle sentezlenir. Biyosentezi sağlayan enzimleri kodlayan genler, bir gen kümesinde birbirine bağlı olarak bulunur (Brown vd., 2011). Son yıllarda, *P. roqueforti*'nin sekonder metabolitlerinin gen kümeleri ve fonksiyonları belirlenmiştir. Bu metabolitler arasında rokfortin C, mikofenolik asit, PR toksin, izofumigaklavin gibi bileşikler mikotoksin olarak değerlendirilirken, andrastin A biyoaktif bir bileşik olarak ön plana çıkmaktadır (Hymery vd., 2014; Garcia-Estrada ve Martin, 2016). Rokfortin C, Gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyal aktiviteye sahiptir. Ayrıca, bu mikotoksinin düşük seviyede de olsa nörotoksik ve sitotoksik etkileri bildirilmiştir (Kosalkova vd., 2015; Garcia-Estrada ve Martin, 2016). Mikofenolik asit, böbrek, karaciğer, kalp nakli yapılan hastalarda organ reddini önlemek için kullanılan immünosupresif bir bileşik olarak ilaçların formülasyonlarında kullanılır (Del-Cid vd., 2016; Gillot vd., 2017b). Andrastin A ise, antitümör ve antikarsinojen etkileri tespit edilmiş biyoaktif bir bileşiktir ve *P. roqueforti* tarafından peynir ortamında üretimi saptanmıştır (Fernandez-Bodega vd., 2009).

Mikotoksin üretiminde biyotik faktörlerin yanı sıra pH, sıcaklık, NaCl ve O₂ içeriği, C/N oranı gibi abiyotik faktörlerin de önemli olduğu bilinmektedir (Fontaine vd., 2015). Ayrıca, çevresel faktörlerin yanı sıra substrat yapısı da önemlidir. Her gıda maddesinde benzer şekilde ortaya çıkmamaktadır. *P. roqueforti*'nin bazı suşları peynirde PR toksin, rokfortin, mikofenolik asit, isofumigaklavin üretebilir. Ancak, peynirin aminoasit kompozisyonu ve mikroaerofilik

koşullar nedeniyle, PR toksin peynirde kararlı değildir ve peynir ortamında toksisitesi daha düşük olan PR imine indirgenir (Hymery vd., 2014; Perrone ve Susca, 2017). Mikotoksin üretimi daha çok Çizelge 1'deki ağaçlık alan, silaj gibi izolasyon kaynakları olan ve gıdalarda bozulmaya yol açan Popülasyon 1 ve Popülasyon 2 ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca bulgular, *P. roqueforti*'nin evrimsel süreçte peynire adaptasyonunda bazı sekonder metabolitlerinin üretimini azalttığını göstermektedir. Örneğin, Çizelge 1'deki Popülasyon 4'teki suşlar mikofenolik asit üretiminde anahtar gen olan *mpaC*'de 174 bp'lik bir delesyon bulduğundan, bu toksinin üretimi çok düşük düzeydedir ya da yapılamamaktadır (Gillot vd., 2017b; Coton vd., 2020). Bu popülasyondaki *Wallaby* ve *CheesyTer* HGT bölgelerine sahip suşlar peynirde gelişerek, diğer mikotoksijenik türlerin gelişmesini baskılayabilir. Ayrıca, *Roquefortorum* serisine ait diğer türlerden *P. paneum*, *P. carneum* ve *P. psychrosexualis*'in patulin üretimi söz konusudur (Hymery vd., 2014; Perrone ve Susca, 2017). *P. mediterraneum*'in ikincil metabolitleriyle ilgili bir bilgi literatürde henüz yer almamaktadır.

BİYOTEKNOLOJİK POTANSİYEL VE STARTER KÜLTÜR OLARAK *P. ROQUEFORTI*'NİN KULLANIMI

P. roqueforti, sekonder starter kültür olarak mavi-damarlı ve diğer küflü peynirlerin olgunlaştırılmasında kullanılır. Bu kültür, liyofilize sporlar formunda süt içine katılır veya peynir pıhtısı üzerine spor solüsyonu halinde püskürtülerek bulaştırılır. Ticari starter kullanılmayan, geleneksel yöntemlerle üretimlerde ise ortamdan bulaşarak peynirde spontan olarak gelişebilir. Böylece olgunlaşma süreci sonunda küflü peynirlere has tat, koku ve aroma oluşur (Fox vd., 2016b; Metin, 2018).

Peynir endüstrisinde, *P. roqueforti* sporları klonal suştan geliştirilir ve böylece suşlar eşeysiz üreme ile çoğaltılır. *P. roqueforti*'nin biyoteknolojik izolatları arasında, bir türün tek klonunu temsil ettiğinden genomlarında herhangi bir polimorfizm bulunmaz. Bu nedenle yeni suş geliştirilmesi, çoğunlukla rastgele mutasyona bağlıdır. Eşeyli üreme ile aynı atadan gelen farklı

bireyler, yeni nesil suşlarda genetik çeşitliliği, rekombinasyonu sağlar ve zararlı mutasyonlar genomdan temizlenebilir (Giraud vd., 2010; Ropars vd., 2012; 2014). Eşeyli üreme, endüstriyel suşların geliştirilmesinde kullanılacak kolay bir yöntemdir (Böhm vd., 2013). Bu yöntemle geliştirilen suşlara istenen özellikler kazandırılabilir ve yeni çeşit peynirler üretilebilir. Ayrıca, evcilleşen popülasyonun peynir üretimi prosesinde stabil kalması sağlanabilir ve güvenilir, yüksek kalitede peynir üretimi yapılabilir (Bodinaku vd., 2019). Geleneksel peynirlerin kendilerine has dokusu da korunabilir.

Yatay gen transferi ile hareketli DNA elemanlarının ökaryotik genomlara girişi, temel genomik çeşitlilik ve biyoteknolojik inovasyon için önemli bir itici güç olmuştur. Evrimsel süreçte, genetik modifikasyonun organizmaların sadece atalarına değil ekolojilerine de bağlı olduğu tespit edilmiş ama tüm mekanizmalar henüz açıklanamamıştır (Schaack vd., 2010). *P. roqueforti*'nin evrimsel sürecinin ve peynir ortamına adaptasyon mekanizmalarının aydınlatılması ile HGT genleri gibi birçok aday alternatif genin tanımlanması sağlanabilir. Böylelikle, peynir üretimi için ilginç özellikler seçilerek yeni nesil starterler üretilebilir (Dumas vd., 2020).

P. roqueforti, katma değeri yüksek molekülleri üretebildiği için multifonksiyonel hücre fabrikası olarak nitelendirilmiştir (Mioso vd., 2015). Proteolitik-lipolitik aktiviteleri nedeniyle enzimatik potansiyeli bilinmektedir. Ayrıca, medikal uygulamalar için metabolit üretiminde, gıda uygulamaları için aroma üretiminde ve biyoremediasyon ajanı olarak kullanılabilir (Coton vd., 2020).

PEYNİRİN OLGUNLAŞMA SÜRECİNDE *P. ROQUEFORTI*'NİN ROLÜ

Peynirlerde sekonder starter olarak kullanılan *P. roqueforti*, peynirin olgunlaşma sürecinde bakterilerle ve mayalarla etkileşim halindedir. Starter kültür olarak özellikle laktik asit bakterilerinin (*Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp.) yanı sıra peynir çeşidine ve üretim metoduna göre *Brevibacterium linens*, *Propionibacterium* spp. gibi bakteriler ve *Debaryomyces* spp., *Kluyveromyces* spp.,

diğer *Penicillium* spp., *Geotrichum candidum* gibi fungal türler ortamda bulunabilir (Anonim, 2015; Fox vd., 2016c; Metin, 2018). Ancak, özellikle Çizelge 1'de verilen Popülasyon 4'e dahil olan suşlar, HGT genleri bulundurduğundan diğer fungal türlerin peynir ortamında gelişimini baskılayabilir. Avrupa tipi mavi-damarlı peynirlerde ve ülkemizde üretilen Erzurum Küflü Civil, Konya Küflü, Divle Obruk Tulum gibi peynirlerde yapılan çalışmalarda *P. roqueforti*, peynir mikrobiyotasında dominant tür olarak tespit edilmiştir (Çakmakçı vd., 2012; Öztürkoğlu Budak, 2016; Kırtıl, 2018; Seri, 2020).

P. roqueforti başta olmak üzere, küflerin metabolik aktiviteleri sonucu farklı aroma maddeleri ve metabolitler oluşmaktadır. Ayrıca küfler, peynir tekstüründe önemli değişikliklere neden olmaktadır. Olgunlaşma sürecinde, küflerin neden olduğu biyokimyasal reaksiyonlar sonucu, küflü peynirlere has koku, aroma ve tat oluşur. Bu reaksiyonlar temel olarak, deasidifikasyon, proteolitik ve lipolitik aktiviteler olarak sınıflandırılabilir (Fox vd., 2016d). Ayrıca, peynirde mavi-yeşil rengi sağlayan küf pigmentleri üretimi ve sekonder metabolit üretimi de gerçekleşir (Cleere, 2017; Coton vd., 2020).

Deasidifikasyon sonucu *P. roqueforti*, laktik asit bakterilerinin ürettiği laktik asidi karbon kaynağı olarak kullanır. Pıhtı asitliğini nötralize ederek ortam pH'sını 4,5'tan 7'ye doğru yükseltir. Bu tür ayrıca, endopeptidaz ve ekzopeptidaz aktivitesine sahip olduğundan kazeini hidrolize edebilir. Böylece peynir matriksinde serbest aminoasitler oluşur. Serbest aminoasitler, amonyak ve uçucu bileşiklere parçalanarak olgunlaşmayı hızlandırır. Lipolitik aktiviteler sonucu ise, küflü peynirlerin karakteristik aroması oluşur. Serbest yağ asitlerinden metil ketonlar ve onların sekonder alkollerini meydana gelir (Fox vd., 2016d; Martin ve Coton, 2017; Bodinaku vd., 2019).

SONUÇ

Mavi-damarlı peynirler gibi küflü peynirlerin olgunlaştırılmasında sekonder starter olarak kullanılan *P. roqueforti*, son yıllarda gıda kaynaklı küfler arasında en çok incelenen tür olarak ön plana çıkmaktadır. Küflü peynirlere has tat, aroma

ve kokuyu oluşturan bu türün incelenmesi, gıda sanayi açısından oldukça önemlidir. *P. roqueforti*'nin evcilleşme ve adaptasyon süreci üzerine son çalışmalar, bu türün popülasyonlarını ve özelliklerini belirleyerek filogenetik pozisyonunu yeniden şekillendirmiştir. *P. roqueforti*'nin evcilleşme sürecinin araştırılmasıyla ve henüz bilinmeyen sekonder metabolit gen kümelerinin tespit edilmesiyle, bu türün fizyolojisi ve metabolizması daha iyi anlaşılabilir. Bu türün popülasyonlarının tüm genomlarının dizilenmesi, metabolik potansiyeli ve regülasyonu için yeni ipuçları sunacaktır. Bu derlemede, peynir küfü olarak *P. roqueforti*'nin morfolojisi, genetik özellikleri, taksonomisi, fizyolojisi ve metabolitleri, peynirin olgunlaşma rolü incelenerek özetlenmiş, peynir ortamına adaptasyon ve evcilleşme süreci ile ilgili elde edilen yeni bulgular değerlendirilmiştir. Ayrıca, *P. roqueforti*'nin eşeyli üreme kabiliyetine de değinilmiştir. Eşeyli üreme ile farklı bireylerin özelliklerinin rekombinasyonu ile farklı fenotiplere sahip yeni nesiller geliştirilebilir. Bu durum, starter kültür geliştirilmesi açısından biyoteknolojik önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 119O314 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu makale ile ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

HEK ve BM derleme çalışmasını planlamış, HEK makale taslağını hazırlamış, BM ve MA inceleme ve düzenleme aşamalarında katkı sağlamışlardır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

Anonim, (2015). “*Geotrichum candidum*”, <http://microbialfoods.org/geotrichum-candidum-mold-transition/> , Son Erişim tarihi: 14.07.2020

Bodinaku, I., Shaffer, J., Connors, A.B., Steenwyk, J.L., Biango-Daniels, M.N., Kastman, E.K., Rokas, A., Robbat, A., Wolfe, B.E. (2019).

Rapid phenotypic and metabolomic domestication of wild *penicillium* molds on cheese. *ASM MBio*, 10(5): e02445-19. <https://doi.org/10.1101/647172>

Böhm, J., Hoff, B., O’Gorman, C.M., Wolfers, S., Klix, V., Binger, D., et al. (2013). Sexual reproduction and mating-type-mediated strain development in the penicillin-producing fungus *Penicillium chrysogenum*. *Proc Natl Acad Sci USA*, 110(4): 1476–1481. <https://doi.org/10.1073/pnas.1217943110>

Brown, D.W., Butchko, R.A.E., Proctor, R.H., (2011). *Identification of genes and gene clusters involved in mycotoxin synthesis*. Ed.: De Saeger, S., Woodhead Publishing, 2nd edition, Cambridge, UK, 333-348 p.

Cleere, M., (2017). Pigment Biosynthesis Genes in the Blue Cheese Fungus *Penicillium roqueforti*, PhD thesis, University of Nottingham, Nottingham, UK, 93 p.

Cheeseman, K., Ropars, J., Renault, P., Dupont, J., Gouzy, J., Branca, A., Abraham, A.L., Ceppi, M., Conseiller, E., Debuchy, R., Malagnac, F., Goarin, A., Silar, P., Lacoste, S., Sallet, E., Bensimon, A., Giraud, T., Brygoo, Y., (2014). Multiple recent horizontal transfers of a large genomic region in cheese making fungi. *Nature Communications*, 5: 2876. <https://doi.org/10.1038/ncomms3876>

Coton, E., Coton, M., Hymery, N., Mounier, J., Jany, J.J., (2020). *Penicillium roqueforti*: an overview of its genetics, physiology, metabolism and biotechnological applications. *Fungal Biol Rev*, 34(2): 59-73. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2020.03.001>

Çakmakçı, S., (2011). Türkiye Peynirleri. *Peynir Biliminin Temelleri*, Ed.: Hayaloğlu, A.A. ve Özer, B., 1.Baskı, Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.

Çakmakçı, S., Çetin, B., Gürses, M., Dağdemir, E., Hayaloğlu, A.A., (2012). Morphological, molecular and mycotoxigenic identification of dominant filamentous fungi from Moldy Civil Cheese. *J Food Prot*, 75 (11): 2045-2049. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-107>

- Del-Cid, A., Gil-Duran, C., Vaca, I., Rojas-Aedo, J.F., Garcia-Rico, R.O., Levican, G., Chavez, R., (2016). Identification and functional analysis of the mycophenolic acid gene cluster of *Penicillium roqueforti*. *PLoS One*, 11(1): e0147047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147047>
- Dumas, E., Feurtey, A., Rodríguez de la Vega, R.C., Le Prieur, S., Snirc, A., Coton, M., Thierry, A., Coton, E., Le Piver, M., Roueyre, D., Ropars, J., Branca, A., Giraud, T. (2020). Independent domestication events in the blue-cheese fungus *Penicillium roqueforti*. *Molecular Ecology*, 00: 1– 22. <https://doi.org/10.1101/451773>
- Fernandez-Bodega, M.A., Mauriz, E., Gomez, A., Martin, J.F., (2009). Proteolytic activity, mycotoxins and andrastin A in *Penicillium roqueforti* strains isolated from Cabrales, Valdeon and Bejes-Tresviso local varieties of blue-veined cheeses. *Int J of Food Microbiol*, 136(1): 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.09.014>
- Frisvad, C.F., Samson, R.A., (2004). Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Stud Mycol*, 49: 1-174.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., (2016a). Principal families of cheeses: Blue veined cheeses (Chapter 3). In: *Fundamentals of Cheese Science*, 2nd edition, Springer, New York, pp. 54-57.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., (2016b). Cheese Flavour (Chapter 13). In: *Fundamentals of Cheese Science*, 2nd edition, Springer, New York, pp. 443-472.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., (2016c). Microbiology of Cheese Ripening (Chapter 11). In: *Fundamentals of Cheese Science*, 2nd edition, Springer, New York, pp. 333-351.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., (2016d). Biochemistry of Cheese Ripening (Chapter 12). In: *Fundamentals of Cheese Science*, 2nd edition, Springer, New York, pp. 391-439.
- Fontaine, K., Hymery, N., Lacroix, M.Z., Puel, S., Puel, O., Rigalma, K., Gaydou, V., Coton, E., Mounier, J., (2015). Influence of intraspecific variability and abiotic factors mycotoxin production in *Penicillium roqueforti*. *Int J of Food Microbiol*, 215: 187-193. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.021>
- Garcia-Estrada, C., Martin, J.F., (2016). Biosynthetic gene clusters for relevant secondary metabolites produced by *Penicillium roqueforti* in blue cheeses. *Appl Microbiol Biotechnol*, 100: 8303-8313. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7788-x>
- Geisen, R., Cantor, M.D., Hansen, T.K., Holzapfel, W.H., Jakobsen, M., (2001). Characterization of *Penicillium roqueforti* strains used as cheese starter cultures by RAPD typing. *Int J of Food Microbiol*, 65(3): 183-191. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(00\)00514-6](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00514-6)
- Gibbons, J.G., Rinker, D.C., (2015). The genomics of microbial domestication in the fermented food environment. *Curr Opin Genet Dev*, 35: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2015.07.003>
- Gillot, G., Jany, J.L., Coton, M., Le Floch, G., Debaets, S., Ropars, J., Lopez- Villavicencio, M., Dupont, J., Branca, A., Giraud, T., Coton, E., (2015). Insights into *Penicillium roqueforti*: Morphological and genetic diversity. *PLoS One*, 10(6): e0129849 (1-21). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129849>
- Gillot, G., Jany, J.C., Poirier, E., Maillard, M.B., Debaets, S., Thierry, A., Coton, E., Coton, M., (2017a). Functional diversity within the *Penicillium roqueforti* species. *Int J of Food Microbiol*, 241: 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.001>
- Gillot, G., Jany, J.L., Dominguez-Santos, R., Poirier, E., Debaets, S., Hidalgo, P.I., Ullan, R.V., Coton, E., Coton, M. (2017b). Genetic basis for mycophenolic acid production and strain-dependent production variability in *Penicillium roqueforti*. *Food Microbiol*, 62: 239-250. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.013>

- Giraud, F., Giraud, T., Aguilera, G., Fournier, E., Samson, R., Cruaud, C., Dupont, J. (2010). Microsatellite loci to recognize species for the cheese starter and contaminating strains associated with cheese manufacturing. *Int J of Food Microbiol*, 137 (2-3): 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.014>
- Guevara-Suarez, M., García, D., Cano-Lira, J.F., Guarro, J., Gené, J. (2020). Species diversity in *Penicillium* and *Talaromyces* from herbivore dung, and the proposal of two new genera of penicillium-like fungi in *Aspergillaceae*. *Fungal Syst Evol*, 5: 39-75. <https://doi.org/10.3114/fuse.2020.05.03>
- Gürkan, H., Yılmaztekin, M., Çakmakçı, S., Hayaloğlu, A., (2018). Volatile compounds and biogenic amines during the ripening of mold-ripened Civil cheese manufactured using three different strains of *Penicillium roqueforti*. *J Food Saf*, 38e12568. <https://doi.org/10.1111/jfs.12568>
- Houbraken, J., Frisvad, J.C., Samson, R.A., (2010). Sex in *Penicillium* series *Roqueforti*. *IMA Fungus*, 1(2): 171-180. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2010.01.02.10>
- Hymery, N., Vasseur, V., Coton, M., Mounier, J., Jany, J.L., Barbier, G., Coton, E., (2014). Filamentous fungi and mycotoxins in cheese: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 13(4): 437-456. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12069>
- Kırtıl, H.E. (2018). Küflü peynirlerden izole edilen küflerin moleküler tanımlanması ve karakterizasyonu. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, İstanbul, 131 s.
- Kosalkova, K., Dominguez-Santos, R., Coton, M., Coton, E., Garcia-Estrada, C., Liras, P., Martin, J.F., (2015). A natural short pathway synthesizes roquefortine C but not meleagrins in three different *Penicillium roqueforti* strains. *Appl Microbiol Biotechnol*, 99: 7601-7612. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6676-0>
- López-Villavicencio, M., Aguilera, G., Giraud, T., de Vienne, D.M., Lacoste, S., Couloux, A., Dupont, J. (2010). Sex in *Penicillium*: Combined phylogenetic and experimental approaches, *Fungal Genet Biol*, 47(8): 693-706. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2010.05.002>
- Martin, J.F. and Coton M., (2017). Blue Cheese: Microbiota and Fungal Metabolites. In: *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, Ed.: Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., Penas, E., 1.Baskı, Academic Press.
- Metin, B., (2018). Filamentous Fungi in Cheese Production. In: *Microbial Cultures and Enzymes in Dairy Technology*, Ed.: Öztürkoglu Budak, Ş., Akal, H.C. 1st edition, IGI Global.
- Mioso, R., Toledo Marante, F., Herrera Bravo de Laguna, I., (2015). *Penicillium roqueforti*: a multifunctional cell factory of high value-added molecules. *J Appl Microbiol*, 118: 781e791. <https://doi.org/10.1111/jam.12706>
- Monnet, C., Landaud, S. Bonnamy, P., Swennen, D. (2014). Growth and adaptation of microorganisms on the cheese surface. *FEMS Microbiol Lett*, 362: 1-9. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnu025>
- Mycobank, (2020). Taxa descriptions: *Penicillium roqueforti* Thom, <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000063&Rec=15208&Fields=All>, Son Erişim Tarihi: 3.07.2020
- Öztürkoglu Budak, S., Figge, M.R., Houbraken, J., Vries, R.P. (2016). The diversity and evolution of microbiota in traditional Turkish Divle Cave cheese during ripening. *Int Dairy J*, 58: 50-53. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.09.011>
- Petyaev, I.M., Bashmakov, Y.K., 2012. Could cheese be the missing piece in the French paradox puzzle?. *Med Hypotheses*, 79, 746-749. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2012.08.018>
- Perrone, G., Susca, A., (2017). *Penicillium* species and their associated mycotoxins. In: *Mycotoxigenic Fungi: Methods and Protocols*. Ed.: Moretti, A. ve Susca, A., Humana Press Springer Protocols, 1st edition, New York.
- Renaud, S., de Lorgeril, M., (1992). Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet*, 339: 1523-1526. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)91277-f](https://doi.org/10.1016/0140-6736(92)91277-f)

- Ropars, J., Dupont, J., Fontanillas, E., Rodriguez de la Vega, R.C., Malagnac, F., Coton, M., Giraud, T., Lopez-Villavicencio, M., (2012). Sex in cheese: evidence for sexuality in the fungus *Penicillium roqueforti*. *PLoS One*, 7(11): 7e49665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049665>
- Ropars, J., Lopez-Villavicencio, M., Dupont, J., Snirc, A., Gillot, G., Coton, M., Jany, J.-L., Coton, E., Giraud, T., (2014). Induction of sexual reproduction and genetic diversity in the cheese fungus *Penicillium roqueforti*. *Evol Appl*, 7(4): 433-441. <https://doi.org/10.1111/eva.12140>
- Ropars, J., de la Vega, R.C.R., Lopez-Villavicencio, M., Gouzy, J., Sallet, E., Dumas, E., Lacoste, S., Debuchy, R., Dupont, J., Branca, A., Giraud, T., (2015). Adaptive horizontal gene transfers between multiple cheese-associated fungi. *Curr Biol*, 25(19): 2562-2569. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.08.025>
- Ropars, J., De la Vega, R.R., Villavicencio, M.L., Branca, A. (2016a). Diversity and mechanisms of genomic adaptation in *Penicillium*. In: *Aspergillus and Penicillium in the Post-Genomic Era*, Ed.; DeVries, R.G., Andersen, M.R., Caister Academic Press: Lyngby, Denmark, pp. 27–42.
- Ropars, J., Lo, Y.-C., Dumas, E., Snirc, A., Begerow, D., Rollnik, T., Lacoste, S., Dupont, J., Giraud, T., Lopez-Villavicencio, M., (2016b). Fertility depression among cheese-making *Penicillium roqueforti* strains suggests degeneration during domestication. *Evolution*, 70: 2099e2109. <https://doi.org/10.1111/evo.13015>
- Ropars, J., Lopez-Villavicencio, M., Snirc, A., Lacoste, S., Giraud, T., (2017). Blue cheese-making has shaped the population genetic structure of the mould *Penicillium roqueforti*. *PLoS One*, 12(3): e0171387. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171387>
- Schaack, S., Gilbert, C., Feschotte, C. (2010). Promiscuous DNA: horizontal transfer of transposable elements and why it matters for eukaryotic evolution. *Trends Ecol Evol*, 25(9): 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.06.001>
- Seri, M. (2020). Konya küflü peynirinden izole edilen küflerin moleküler identifikasyonu ve *Penicillium roqueforti* izolatlarının morfolojik karakterizasyonu. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, İstanbul, 102 s.
- Şengün, I.Y., Yaman, D.B., Gönül, S.A., (2008). Mycotoxins and mould contamination in cheese: a review. *World Mycotoxin J.*, 1(3): 291-298. <https://doi.org/10.3920/WMJ2008.x041>
- Visagie, C.M., Houbraken, J., Frisvad, J.C., Hong, S.B., Klaassen, C.H.W., Perrone, G., Seifert, K.A., Varga, J., Yaguchi, T., Samson, R.A., (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Stud Mycol*, 78: 343-371. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.001>
- Yalman, M., Tepeli, S.Ö., Demirel Zorba, N.N. (2016). Türkiye’de geleneksel yöntemlerle üretilen peynirlerin küf florası. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(11): 926-933.

DRYING KINETICS OF REDUCED FAT WHITE CHEESE DRIED BY DIFFERENT METHODS

Özgün Köprüalan¹, Feyza Elmas², Anıl Bodruk¹, Şeyma Arıkaya¹,
Mehmet Koç², Nurcan Koca¹, Figen Kaymak-Ertekin^{1*}

¹Department of Food Engineering, Ege University, İzmir, Turkey

²Department of Food Engineering, Adnan Menderes University, Aydın, Turkey

Received / Geliş: 14.09.2020; Accepted / Kabul: 04.11.2020; Published online / Online baskı: 21.11.2020

Köprüalan, Ö., Elmas, F., Bodruk, A., Arıkaya, Ş., Koç, M., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F. (2020). Drying kinetics of reduced fat white cheese dried by different methods. *GIDA* (2020) 45(6) 1201-1214 doi: 10.15237/gida.GD20107.

Köprüalan, Ö., Elmas, F., Bodruk, A., Arıkaya, Ş., Koç, M., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F. (2020). Farklı yöntemler ile kurutulmuş yağı azaltılmış beyaz peynirin kuruma kinetiği. *GIDA* (2020) 45(6) 1201-1214 doi: 10.15237/gida.GD20107.

ABSTRACT

In the current study, three different drying methods, including hot air drying (50, 60, 70 °C and 1.8 m/s), microwave drying (180, 360, 540 W) and freeze-drying (0.2, 0.15, 0.1 mbar) were experimentally studied and the drying kinetics of reduced-fat white cheese (RFWC) were determined. Microwave drying process time was significantly shorter than hot air drying and freeze-drying for RFWC. Semi-empirical models were applied to determine the most appropriate drying model targeting the highest R² and the lowest RMSE and χ^2 values representing the drying kinetics of RFWC. The effective diffusion coefficient values for different drying methods varied from 1.521 x 10⁻⁹ to 4.432 x 10⁻⁸ m²/s. Through increasing the temperature, microwave power, and vacuum pressure, effective diffusion coefficient values increased. The activation energy values were determined as 12.421 kJ/mol for hot air drying and 5.599 W/g for microwave drying.

Keywords: Microwave drying, freeze-drying, reduced-fat white cheese, effective diffusion coefficient, drying behavior

FARKLI YÖNTEMLER İLE KURUTULMUŞ YAĞI AZALTILMIŞ BEYAZ PEYNİRİN KURUTMA KİNETİĞİ

ÖZ

Bu çalışmada, sıcak hava ile kurutma (50, 60, 70 °C ve 1.8 m/s), mikrodalga kurutma (180, 360, 540 W) ve dondurarak kurutma (0.2, 0.15, 0.1 mbar) olmak üzere üç farklı kuruma yöntemi deneysel olarak incelenmiş ve yağı azaltılmış beyaz peynirin (RFWC) kurutma kinetiği belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma yönteminde işlem süresi, RFWC için sıcak havayla kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinden önemli ölçüde daha kısadır. RFWC'nin kuruma kinetiğini temsil eden en

* Corresponding author / Yazışmalardan sorumlu yazar

✉: figen.ertekin@ege.edu.tr,

☎:(+90) 232 311 3006

☎:(+90) 232 342 7592

Özgün Köprüalan; ORCID no: 0000-0001-8800-7714

Feyza Elmas; ORCID no: 0000-0003-1847-5541

Anıl Bodruk; ORCID no: 0000-0002-2663-5800

Şeyma Arıkaya; ORCID no: : 0000-0001-9277-940X

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

Nurcan Koca; ORCID no: 0000-0002-0733-4500

Figen Kaymak-Ertekin; ORCID no: 0000-0001-5042-3659

yüksek R^2 ve en düşük RMSE ve χ^2 değerlerini hedefleyen en uygun kurutma modelini belirlemek için yarı deneysel modeller uygulanmıştır. Farklı kurutma yöntemleri için efektif difüzyon katsayısı değerleri 1.521×10^{-9} ile 4.432×10^{-8} m^2/s arasında değişmiştir. Sıcaklık, mikrodalga gücü ve vakum basıncının artırılmasıyla efektif difüzyon katsayısı değerleri artmıştır. Aktivasyon enerjisi değerleri sıcak havayla kurutma için 12.421 kJ/mol ve mikrodalga kurutma için 5.599 W/ g olarak belirlenmiştir.

Aahtar kelimeler: Mikrodalga kurutma, dondurarak kurutma, yağı azaltılmış beyaz peynir, efektif difüzyon katsayısı, kuruma davranışı

INTRODUCTION

Cheese is known as the most privileged product of the dairy industry in terms of both the indisputable importance of nutrients in human nutrition and its economic yield (Gobbetti et al., 2018). Since cheese contains high-quality protein, calcium, phosphorus, zinc, and vitamins (B12, riboflavin, and A) and essential nutrients for the human body, its inclusion in the diet may assist to minimize the risk of osteoporosis (Miller et al., 2006). Cheese, one of the most consumed dairy products in the world, is available in the market as fresh or ripened. Although more than 1000 cheese varieties exist around the world among them, white cheese is the most consumed cheese variety in Turkey (Hayaloğlu et al., 2002). White cheese is a semi-soft cheese, salted in brine, and graded as fresh or ripened (TGK, 2015).

Drying is one of the most widely used methods to minimize the biochemical reactions that occur during storage by reducing the water activity of the food (İlter et al., 2018). However, the chemical, textural, and physical properties of food also alter the end of the drying process due to simultaneous mass and heat transfer (Koç et al., 2008). Cheese can be subjected to drying because of decreasing the moisture content, increasing shelf life, providing ease of transportation, and developing a product instead of cheese to use in other foods as a component. Dried cheese provides ease of use in the industry, especially for products such as chips, pasta, instant soup, pizza, salad dressing, biscuits, and cakes (Kaya, 2004).

Although the hot air drying method is frequently used for drying food in the literature (İlter et al., 2018), long drying time, significant color changes, reduction in nutritional value, and case hardening problems have pushed the researchers into the search for new drying techniques. Microwave

drying, a relatively new and innovative method, has various benefits compared to hot air drying, including higher drying rate and minimum heating of locations with less water (Chandrasekaran et al., 2013). The heating effect in food materials is a consequence of dipolar rotation and ionic conduction. Water, which is the main component of most food material, is caused to the generation of frictional heat with vibrational and rotational energies. The heat generated in the food material causes the pressure gradient and allowing moisture to be removed from the food quickly. This allows the microwave drying method to be a very fast dehydration method (Vallejo-Castillo et al., 2020).

The faster drying improves the quality of the food and provides a higher output. Freeze drying, one of the most advanced drying methods, supplies a product with a porous structure, superordinate taste and aroma, and better rehydration properties (Krokida et al., 1998).

In the literature, there are some studies focused on drying of cheese with various drying methods. Izmir Tulum, a kind of Turkish cheese was dried in a tray dryer at different drying conditions (Kızılalp et al., 2018). The researchers found that the sample with the highest sensory acceptance was dried at 55°C. In another study, cheese was dried with hot air (43 and 52 °C, 1.2 m/s air velocity), microwave (350, 500, 650, 750 and 850 W) and freeze-drying (6, 12 and 24 hours) methods and microwave drying were found to be the most effective method considering the drying rate of water from the cheese (Pinho et al., 2017). Chudy et al. (2019) also used hot air and microwave vacuum drying methods as a combination to dry Harzer cheese. The dried cheese with a porous structure was obtained using pre-drying of the cheese in the tray drier at 44°C

till a dry matter content of 72 %, then, using microwave vacuum drying at 1000 W microwave power, 30 kPa pressure, and 80 °C. Rakcejeva et al. (2009) studied microwave vacuum drying process, which was performed at 38 °C, 56-70 mm Hg pressure range and maximum 798 kJ/kg microwave power, to produce dried Cheddar cheese and reported that the moisture content of cheese decreased from 50 % to 14.37 % in 23 minutes.

Drying kinetics of foods is a complex circumstance that requires simplification for estimating results and optimization of the parameters (Karathanos and Belessiotis, 1999). Especially for microwave and freeze-drying, the information on moisture diffusion models that could define the processes exactly is more useful at the industrial level. There are limited studies in the literature about the modeling of cheese drying. Castell-Palou and Simal (2011) investigated the drying kinetics of pressed cheese with a heat pump fresh drying at four different temperatures and a diffusion model was proposed. Also, Ermolaev (2019) developed a model considering the drying temperature, residual pressure, and the area of the dried cheese to calculate the duration of the vacuum drying process of cheese. However, no information has been reported on the drying behavior of reduced-fat cheese with these methods.

The objective of this study was to examine the drying kinetics of RFWC as a function of drying methods (hot air, microwave, freeze-drying) and process parameters (different temperatures, powers, and vacuum pressures). The kinetic parameters were determined for each drying method data using different semi-empirical models besides the 2nd Fick diffusion model.

MATHEMATICAL MODELING

In order to model the drying data, the driving force for the moisture movement during drying is assumed as a liquid concentration gradient. Since the heat transfer proceeds too quickly during drying, the heat transfer effect is neglected. Moreover, the moisture diffusion coefficient is assumed as the same in all directions (isotropic

material) and the sample shrinkage is negligible. In the falling drying rate period, moisture transfer from the solid sample can be characterized by unsteady-state Fick’s law of diffusion equation with these conditions (Kaymak-Ertekin, 2002; Eren et al., 2008; Tlatelpa-Becerro et al., 2020).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_{eff} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \tag{1}$$

where C: Moisture content (kg water/kg dry matter), D_{eff} : Effective diffusion coefficient (m^2/s), x: Thickness of sample (m), t: Time (s).

To solve Eq. 1, moisture in the sample is assumed to be uniformly distributed and mass transfer resistance in the gas phase is negligible. Therefore, moisture transfer is controlled by internal resistance and the surface concentration of the sample does not vary with time. Analytical solutions of Eq. 1 for an infinite slab geometry are given in Eq. 2 Crank (1979), considering these assumptions, which help to determine initial and boundary conditions.

$$\psi = \frac{(C_t - C_e)}{(C_0 - C_e)} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{(2i-1)^2} \exp\left(-\frac{(2i-1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4 \cdot L^2}\right) \tag{2}$$

where C_t : Moisture content (kg water/kg dry matter) at time t, C_0 : Initial moisture content (kg water/kg dry matter), C_e : Equilibrium moisture content (kg water/kg dry matter), L: The half-thickness of the sample (m), ψ : dimensionless moisture ratio, which was calculated from experimental drying curves of cheese samples.

Using the first term ($n = 1$) of Eq. 2 is sufficient for long drying times as;

$$\psi = \frac{(C_t - C_e)}{(C_0 - C_e)} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4 \cdot L^2}\right) \tag{3}$$

After the Eq. 3 is linearized, the change of $\ln(\psi)$ relative to time is plotted and D_{eff} is calculated using the slope of the obtained curve with Eq. 4

$$D_{eff} = \frac{\text{Slope} \cdot 4 \cdot L^2}{\pi^2} \tag{4}$$

The mathematical model explained above was developed by Crank assuming constant diffusion coefficient to determine D_{eff} based on the unsteady state Fick's law of diffusion.

In addition to the theoretical Fick diffusion model, many semi-empirical models are commonly used in the modeling of food drying to simulate the drying curves. Although the

empirical models represent the experimental data for a good fit, the model parameters are physically insufficient. These simple models show a direct relationship between the moisture content of the food and the drying time (Simal et al., 2005; Eren et al., 2008; İter et al., 2018). Among these, seven semi-empirical drying models were used to describe the drying kinetics of reduced-fat white cheese in this study and are given in Table 1.

Table 1. Semi-empirical models for drying of reduced- fat white cheese

Model No	Model name	Model	References	Equation Number
1	Newton	$MR = \exp(-k.t)$	Mujumdar (1995)	(5)
2	Page	$MR = \exp(-k.t^n)$	Diamante and Munro (1993)	(6)
3	Henderson and Pabis	$MR = a.\exp(-k.t)$	Henderson and Pabis (1961)	(7)
4	Modified Page Model	$MR = \exp(-k.t)^n$	White et al. (1980)	(8)
5	Wang and Singh	$MR = 1 + a.t + b.t^2$	Wang and Singh (1978)	(9)
6	Two Terms	$MR = a.\exp(-k_0.t) + b.\exp(-k_1.t)$	Henderson (1974)	(10)
7	Logarithmic	$MR = a.\exp(-k.t) + c$	Yağcıoğlu et al. (1999)	(11)

where, a, k, b, n, k_0 , k_1 , c are constants in models and t is time.

MATERIAL AND METHODS

Materials

Turkish fresh reduced-fat white cheese (RFWC) was used as raw material provided by Sütaş Dairy Company (Bursa, Turkey). The same batch of cheese was used in all drying trials and stored at +4 °C until the experiments. The average initial moisture content of RFWC was 72.45 ± 0.21 % on a wet basis. The chemical composition of white cheese samples was determined as 63.69 ± 0.77 % protein, 26.32 ± 0.18 % fat, 7.18 ± 0.22 % salt on a dry basis. Samples of fresh RFWC were analyzed for moisture by the gravimetric method (TS, 2006), fat content according to the Gerber method (TS, 1990), and the salt content according to the Mohr method (IDF, 1988), protein content using the Kjeldahl method (AOAC, 2005).

Drying Procedures

Hot Air Drying

The hot air drying process was carried out with a tray drier (Eksis Makine, Isparta, Turkey) after the

samples were cut into the appropriate size (1x1x2 cm). Then, the samples were spread on the tray and dried at 50, 60, and 70 °C under airflow of 1.8 m/s.

Microwave Drying

The microwave drying process was performed using a microwave oven (Arçelik MD 595) with the power of 180, 360 and 540 W for RFWC samples cut into dimensions of 1x1x2 cm.

Freeze Drying

RFWC samples cut into 1x1x2 cm size were frozen -18 °C for 24 hours before the freeze-drying. The freeze-drying process was performed using a freeze dryer (Telstar Lyoquest -55 Plus Eco) under 0.2, 0.15, and 0.1 mbar vacuum pressures.

Water loss analyses

Water loss during drying was measured by weighing the product using an electronic balance

(Shimadzu BL620S, Tokyo, Japan) with an accuracy of ± 0.01 g at regular intervals (per minute or seconds or hour). The drying process with different methods was continued until a 1 % difference in weight between the last two measurements was obtained. In order to determine the weight loss in especially freeze drying, the samples were taken out at definite time (15 min) by stopping the system, the weight measurement was taken and the new fresh sample was fed again into the dryer and this sample was dried until the time reached to 30 min. This measurement process was repeated until the end of drying.

Data Analysis

Experimental data analysis and statistical modeling were carried out by linear and nonlinear regression analysis (SPSS, IBM SPSS Statistic Base 22.0). Among the different semi-empirical models that used in this study, the best-fitted model for the drying behavior of RFWC was evaluated by considering the coefficient of determination (R^2), root means square error (RMSE) and reduced chi-square (χ^2) values as criteria. The best model defining the drying behavior was selected as the model with the highest R^2 and the least RMSE and χ^2 value. The RMSE and χ^2 values can be calculated using the following equations (Eq. 12 and Eq.13).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^N (\psi_{Predicted_i} - \psi_{Actual_i})^2}{N}} \quad (12)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_i^N (\psi_{Predicted_i} - \psi_{Actual_i})^2}{N-Z} \quad (13)$$

where ψ_{actual} is the experimental dimensionless moisture value, $\psi_{predicted}$ is the predicted dimensionless moisture value from the model N is the number of observations and Z is the number of constant.

Uncertainty Analysis

Uncertainty analysis is used to detect the inaccuracy of experiments used in modeling and

designing experiments (Koç et al., 2008; İlter et al., 2018). Uncertainties in the drying trials usually arise from the selection and calibration of measuring devices, environmental conditions, personal observation, and reading. The hot air temperature, microwave power, vacuum pressure, change of weight of the sample dried, the thickness of samples, drying time were independent parameters measured in the drying experiments. The uncertainties of the measured parameters, the total uncertainties of calculated moisture contents, effective diffusion coefficient, and activation energy values are given in Table 2. The uncertainty values obtained for RFWC drying were about the limit of 5%.

RESULTS AND DISCUSSION

The drying curves of RFWC sticks for hot air, microwave, and freeze-drying are shown in Figures 1, 2, and 3, respectively. The results showed that the overall drying process took place during the falling rate period for all drying methods. A constant drying rate period in these experimental conditions employed was not observed. This is due to the fact that the main mechanism of mass transfer is through diffusion.

The drying of RFWC with hot air drying method caused case hardening on the surface of the cheese. The case hardening prevented the water from removing and caused samples having high moisture content at the end of the drying process. Especially, case hardening increased by increasing temperature in the hot air drying process. The case hardening causes the formation of a thin and extremely dry layer outside of the food, which has different transport and mechanical properties than the core. It has been reported that case hardening increases especially when the food material is exposed to high drying temperatures, high air velocities, and low air relative humidity (Gulati and Datta, 2015).

Table 2. Uncertainties of the experimental measurements and total uncertainties for the predicted values

Parameters	Unit	Results (Drying)		
		Hot air	Microwave	Freeze
Experimental measurements				
Temperature	°C	±2.00	-	-
Power	W	-	±0.1	-
Pressure	mbar	-	-	±0.01
Weight	g	±0.01	-	-
Time	s	±0.033	±0.033	±0.033
Thickness	cm	±0.0001	±0.0001	±0.0001
Estimated values				
Moisture ratio (MR)	dimensionless	±1.01 ^a	±0.39 ^d	±1.46 ^g
Effective diffusion coefficient	m ² /s	±0.60 ^b	±1.32 ^e	±1.63 ^h
Activation energy	kJ/mol* and W/g**	±0.77 ^c	±4.32 ^f	-

* activation energy unit for hot air drying

** activation energy unit for microwave drying

^a Nominal value was taken as 0.0006

^b Nominal value was taken as $1.77 \cdot 10^{-12}$ m²/s

^c Nominal value was taken as 12.42 kJ/mol

^d Nominal value was taken as 0.0009

^e Nominal value was taken as $1.57 \cdot 10^{-10}$ m²/s

^f Nominal value was taken as 5.599 W/g

^g Nominal value was taken as 0.001

^h Nominal value was taken $4.57 \cdot 10^{-12}$

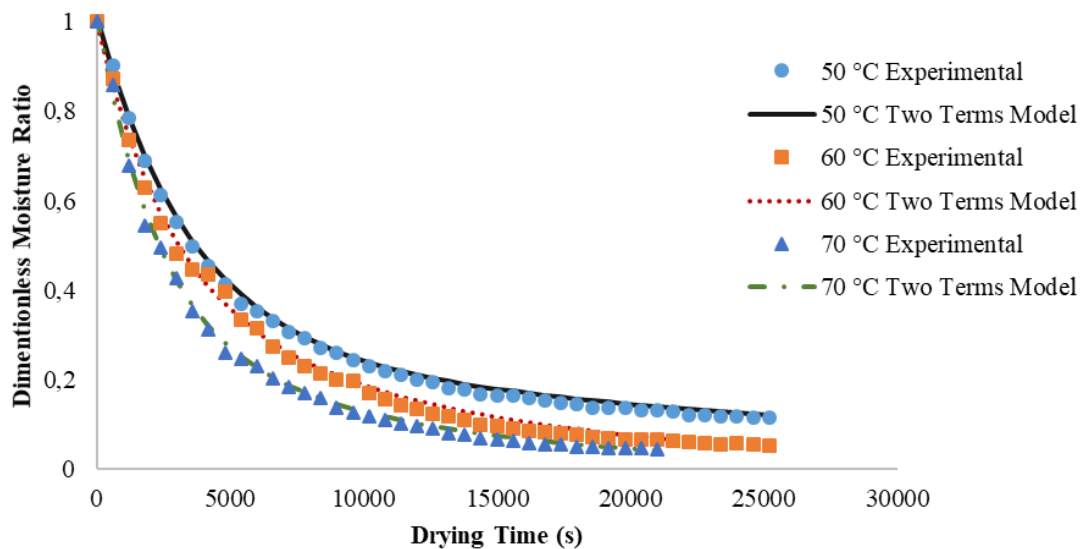


Figure 1. Experimental and predicted drying curves of reduced-fat white cheese for hot air drying at 50, 60 and 70 °C.

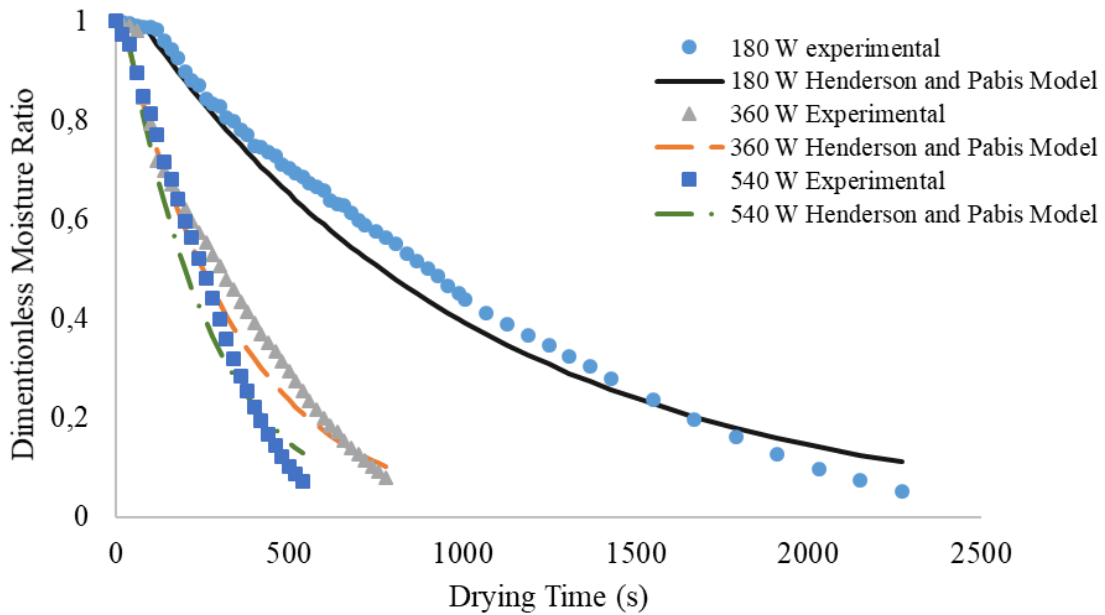


Figure 2. Experimental and predicted drying curves of reduced-fat white cheese for microwave drying at 180, 360 and 540 W.

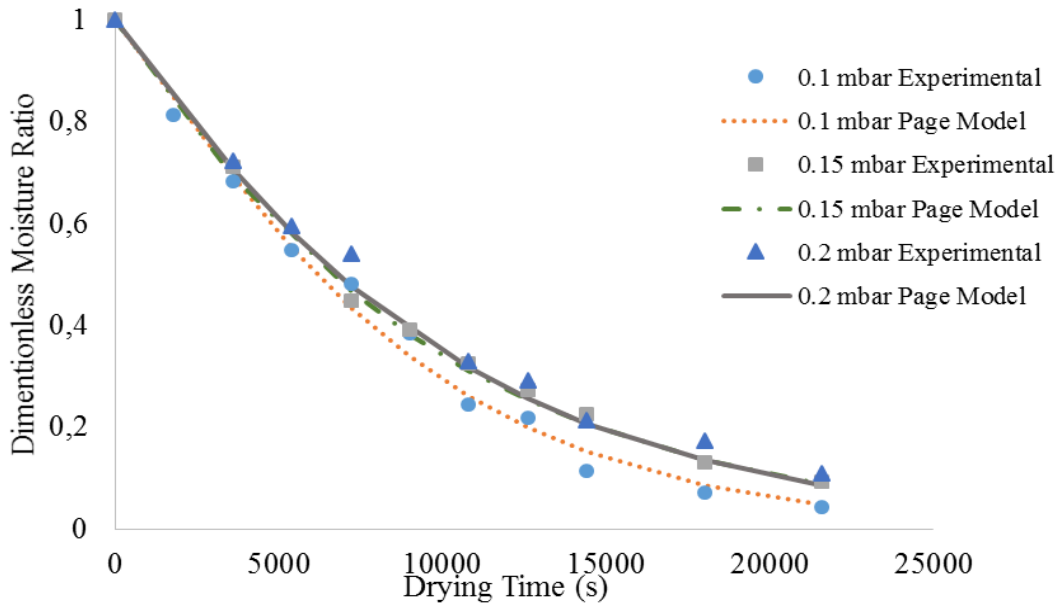


Figure 3. Experimental and predicted drying curves of reduced-fat white cheese for freeze drying at 0.20, 0.15 and 0.10 mbar.

As seen in Figures 1, 2, and 3, for each drying method, moisture content was continuously decreased by increasing drying time. As the temperature, microwave power, and vacuum pressure increased in the drying process, the

diffusion rate of water in the samples increased in the falling drying period. The cause of this that as the drying temperature increases, the humidity pressure in the sample considerably increases (Khamjare and Rojanakorn, 2016). Similarly, an

increase in microwave power and vacuum pressure increases the water diffusion rate by increasing the energy transferred to the product and provides a high water removal rate. For hot air drying, an increase in the temperature decreased the drying time, but this was more clearly observed for microwave power. The increase in microwave power has been effective in reducing drying time. This can be explained as the volumetric heat generation in the moist sample owing to the energy transmitted directly and absorbed by the water molecules leads to higher internal temperatures. Therefore, the water achieves the boiling point faster (Baysal et al., 2003). Pinho et al., (2017), investigated hot air, microwave, and freeze-drying process to reduce the cheese water content. The researchers found that drying time decreased with the increase in temperature and microwave power. They also suggested that microwave drying is the quickest and most effective drying process for sliced cheese. However, the time required for freeze-drying was a little shorter than hot air drying (Fig. 3). The chamber pressure has a combined effect

for controlling the sublimation temperature and changing parameters affecting the drying kinetics. At constant temperature, the drop in the chamber pressure causes decreasing the vapor pressure on the product surface. Thus, the driving force required for the drying process increases, and the total drying time is shortened (Arsem and Ma, 1990; Lombrana, 1997). Drying times for 0.2 and 0.15 mbar vacuum pressures were not notable different while it decreased at 0.1 mbar vacuum pressure.

Evaluation of Semi-Empirical Models

Experimental results of dimensionless moisture content with drying time were fitted to the proposed semi-empirical models, Eqs. 5-11, in Table 1 to mathematically clarify the effect of drying conditions on the drying properties of RFWC. The constants of the semi-empirical models were calculated by nonlinear regression analysis. Table 3 shows the parameters of the models and the criteria (R^2 , χ^2 , RMSE) for the models for different air temperatures, microwave powers, and vacuum pressures.

Table 3. Non-linear regression analysis results of semi-empirical models during drying of reduced-fat white cheese using different drying methods

Model Name	Temperature (°C)	Hot Air Drying							χ^2	RMSE	R^2
		a	b	c	k	k_0	k_1	n			
Newton	50				0.009				1.09×10^{-4}	0.0267	0.912
	60				0.011				1.33×10^{-4}	0.0417	0.968
	70				0.015				2.24×10^{-5}	0.0414	0.969
Page	50				0.042			0.678	2.76×10^{-6}	0.0550	0.985
	60				0.035			0.762	2.48×10^{-6}	0.0153	0.996
	70				0.043			0.762	4.14×10^{-4}	0.0192	0.993
Henderson and Pabis	50	0.865			0.007			1.000	1.26×10^{-5}	0.1106	0.939
	60	0.905			0.010			1.000	6.21×10^{-5}	0.0340	0.978
	70	0.923			0.014			1.000	6.93×10^{-3}	0.0373	0.974
Modified Page	50				0.009			0.678	3.23×10^{-4}	0.0607	0.985
	60				0.012			0.762	6.91×10^{-4}	0.0626	0.996
	70				0.016			0.762	6.76×10^{-3}	0.0373	0.993
Wangh and Singh	50	-0.006	1.10×10^{-5}						1.10×10^{-3}	0.0110	0.849
	60	-0.007	1.20×10^{-5}						3.68×10^{-3}	0.0950	0.833
	70	-0.009	1.80×10^{-5}						6.57×10^{-7}	0.1360	0.791
Two Terms	50	0.730	0.278			0.017	0.002		2.90×10^{-7}	0.0120	1.000
	60	0.397	0.597			0.005	0.022		2.48×10^{-6}	0.0151	0.997
	70	0.33	0.682			0.006	0.027		9.96×10^{-7}	0.0107	0.998
Logarithmic	50	1.000		-0.120	0.380				1.66×10^{-1}	0.0120	0.997
	60	1.000		-0.122	0.377				3.51×10^{-6}	0.0166	0.995
	70	0.919		0.590	0.018				9.71×10^{-7}	0.5010	0.994

Drying kinetics of reduced fat white cheese

Microwave Drying											
Model Name	Power (W)	a	b	c	k	k ₀	k ₁	n	χ ²	RMSE	R ²
Newton	180				0.001				2.76x10 ⁻³	0.0817	0.971
	360				0.002				1.54x10 ⁻³	0.0783	0.981
	540				0.003				7.84x10 ⁻⁴	0.0721	0.946
Page	180				0.022			1.293	1.16x10 ⁺¹	0.6544	0.996
	360				0.109			1.165	2.62x10 ⁺⁰	0.4993	0.996
	540				0.084			1.517	2.53x10 ⁺⁰	0.5382	0.997
Henderson and Pabis	180	1.076			0.001			1.000	3.16x10 ⁻⁴	0.0471	0.986
	360	1.061			0.003			1.000	2.55x10 ⁻⁴	0.0493	0.987
	540	1.113			0.004			1.000	5.51x10 ⁻⁴	0.0648	0.966
Modified Page	180				0.001			1.293	3.36x10 ⁻²	0.1519	0.996
	360				0.002			1.165	1.42x10 ⁻⁴	0.0428	0.996
	540				0.003			1.517	8.92x10 ⁻³	0.1312	0.997
Wangh and Singh	180	-0.001	9.33x10 ⁻⁸						7.95x10 ⁻¹	0.3351	0.996
	360	-0.002	1.02x10 ⁻⁶						5.45x10 ⁻⁵	0.0337	0.991
	540	-0.002	7.75x10 ⁻⁷						5.78x10 ⁻⁴	0.0662	0.996
Two Terms	180	0.49	0.586			0.001	0.001		3.21x10 ⁻⁴	0.0471	0.986
	360	0.539	0.522			0.003	0.003		2.62x10 ⁻⁴	0.0493	0.987
	540	0.555	0.557			0.004	0.004		5.81x10 ⁻⁴	0.0649	0.966
Logarithmic	180	1.431		-0.393	0.001				2.37x10 ⁻¹	0.2466	0.998
	360	1.209		-0.184	0.002				3.11x10 ⁻⁵	0.0291	0.993
	540	2.075		-1.038	0.001				2.06x10 ⁻³	0.0901	0.998

Freeze Drying											
Model Name	Vacuum Pressure (mbar)	a	b	c	k	k ₀	k ₁	n	χ ²	RMSE	R ²
Newton	0.20				0.006				2.44x10 ⁻⁶	0.0221	0.994
	0.15				0.006				2.13x10 ⁻⁶	0.0214	0.997
	0.10				0.007				2.33x10 ⁻⁵	0.0372	0.985
Page	0.20				0.004			1.090	8.42x10 ⁻⁶	0.0292	0.997
	0.15				0.005			1.050	4.53x10 ⁻⁷	0.0141	0.998
	0.10				0.003			1.175	6.97x10 ⁻⁶	0.0268	0.992
Henderson and Pabis	0.20	1.016			0.006			1.000	2.12x10 ⁻⁶	0.0199	0.995
	0.15	1.009			0.006			1.000	4.06x10 ⁻⁶	0.0234	0.998
	0.10	1.026			0.007			1.000	3.16x10 ⁻⁵	0.0380	0.986
Modified Page	0.20				0.006			1.090	2.87x10 ⁻⁵	0.0397	0.997
	0.15				0.006			1.050	4.49x10 ⁻⁷	0.0140	0.998
	0.10				0.007			1.175	1.34x10 ⁻⁴	0.0562	0.992
Wangh and Singh	0.20	-0.005	6.66x10 ⁻⁶						2.38x10 ⁻⁵	0.0379	0.996
	0.15	-0.005	7.29x10 ⁻⁶						8.13x10 ⁻⁶	0.0289	0.994
	0.10	-0.005	7.86x10 ⁻⁶						1.07x10 ⁻³	0.0944	0.995
Two Terms	0.20	-0.188	1.187			0.017	0.007		3.97x10 ⁻⁶	0.0222	0.997
	0.15	0.073	0.936			0.006	0.006		4.87x10 ⁻⁶	0.0234	0.998
	0.10	0.435	0.591			0.007	0.007		3.61x10 ⁻⁵	0.0380	0.986
Logarithmic	0.20	1.062		-0.060	0.005				6.47x10 ⁻⁶	0.0263	0.996
	0.15	1.033		-0.280	0.006				5.41x10 ⁻²	0.2516	0.998
	0.10	1.141		-0.140	0.006				2.42x10 ⁻⁵	0.0356	0.994

All models were at a compliance level to explain the drying behavior of RFWC with hot air drying. However, the Two Terms model gave the most appropriate model for all temperatures having the highest R² and the lowest RMSE and χ^2 values. The Two Terms model contains constants a, b, k₀, and k₁. The constant “a” decreased with an increase in air temperature whereas the values of “b” and “k₁” increased (Table 3). Mohapatra and Rao (2005) stated that the “Two Terms model” offered the highest R² and the lowest RMSE value in the drying of boiled wheat with hot air drying as a thin layer. In the microwave drying, the most suitable model was found to be the “Henderson and Pabis” model at all microwave powers. It was observed that an increase in k value with an increase in microwave power. Duan et al. (2005) concluded that Henderson and Pabis's models also gave the best fit in the microwave oven drying of Bighead carp. In the freeze-drying of RFWC, the Page model gave the highest R², lowest RMSE, and χ^2 values for all vacuum pressures. Page model constants, k, and n values

were ranged between 0.003 to 0.005 1/s and 1.050 to 1.175, respectively (Table 3).

Experimental and predicted moisture ratio data determined using the best-fitted empirical models for hot air drying, microwave drying, and freeze-drying were compared, also shown in Figures 1, 2, and 3, respectively. There was a strong fitting between the values of experimental and predicted moisture ratio for hot air drying and freeze-drying whereas weaker agreement was found for microwave drying.

Determination of Effective Moisture Diffusivity

For each sample, with a change in time, non-dimensional moisture ratio values were obtained. The effective diffusion coefficients were determined from the slopes of the logarithmic curves for each experimental condition neglecting the shrinkage effects and are given in Table 4 together with the R² values at different temperatures, microwave powers, and vacuum pressures.

Table 4. The effective diffusivity values for different air temperatures, microwave powers and vacuum pressure

Drying Methods	Temperature (°C)/ Power (W)/ Vacuum Pressure (mbar)	D _{eff} x 10 ⁹ (m ² /s)	R ²
Hot Air Drying	50 °C	2.150	0.956
	60 °C	2.384	0.986
	70 °C	2.799	0.970
Microwave Drying	180 W	13.185	0.978
	360 W	37.020	0.978
	540 W	44.322	0.954
Freeze Drying	0.20 mbar	1.521	0.980
	0.15 mbar	1.633	0.945
	0.10 mbar	1.897	0.959

As expected, the D_{eff} values of white cheese samples increased by increasing drying temperature, microwave power, and vacuum pressure. The effective diffusion coefficient values for microwave drying were higher than those for freeze-drying and hot air drying (Table 4). The effective diffusivity values for hot air drying, microwave drying, and freeze-drying were found in the range of 2.150 x 10⁻⁹-2.799 x10⁻⁹ m²/s, 1.319 x10⁻⁸-4.432 x 10⁻⁸ m²/s and 1.521x10⁻⁹

2-1.897 x10⁻⁹ m²/s, respectively. In drying processes carried out with hot air and freeze-drying methods, the drying of cheese samples start from the surface and move towards the interior. Besides, along with the drying time, the moisture content of the sample decreases, and the solid content increases. As a result, the mobility of the water in the sample decreases, and the transfer of water becomes difficult. The increased resistance to moisture transfer and the drop in the

mobility of the water caused a low effective diffusion coefficient in hot air and freeze-drying processes. However, since the heat transfer takes place directly into the sample in the microwave drying process, the resistance to moisture transfer is lower and the mobility of the water is higher. As a result, a higher effective diffusion coefficient was achieved in a microwave dried cheese sample. Therefore, the microwave drying process offers a great advantage in terms of effective diffusion coefficients in white cheese samples. Our results are similar to the effective diffusivity values proposed by different authors for different food products. In the drying of fresh pressed cheese with a heat pump, the effective diffusion coefficient increased by increasing drying temperature (Castell-Palou and Simal, 2011). In a study conducted with apple pulp, effective diffusion coefficients for different microwave powers (between 150-600 W) were reported to vary in the range of 1.0465×10^{-8} - 3.6854×10^{-8} m²/s. In addition, an effective diffusion coefficient increased with increasing microwave power (Wang et al., 2007). A similar increase was also reported during the drying of potato slices in a microwave belt dryer running between 1500 and 2100 W microwave power (Çelen et al., 2015).

The temperature and microwave power dependence of D_{eff} were described by the Arrhenius type relation (Eqs 14 and 15).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{R T_a}\right) \quad (14)$$

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{m E_a}{P}\right) \quad (15)$$

where D_0 : Exponential coefficient of Eq. 14 and 15, E_a : Activation energy for moisture diffusion (kJ/mol) or (W/g), R : Universal gas constant (8.314×10^{-3} kJ/mol.K), T_a : Absolute temperature (K), P : Microwave power (W), m : Mass of the sample (g).

The activation energy values were found to be 12.421 kJ/mol for hot air drying and 5.599 W/g for microwave drying (Table 5). The higher effective diffusion coefficient resulted in lower activation energy required to remove water from the product in microwave drying. Similarly, Dadali et al. (2007) determined the activation energy as 5.54 W/g in the microwave drying of okra.

Table 5. Arrhenius parameters for the hot air drying and microwave drying of reduced-fat white cheese

Drying methods	$D_0 \times 10^8$ (m ² /s)	E_a	R^2
Hot air drying	21.48	12.421 (kJ/mol)	0.985
Microwave drying	7.68	5.599 (W/g)	0.990

In order to evaluate the accuracy of the proposed theoretical model using the 2nd Fick diffusion equation, the experimental versus predicted dimensionless moisture ratio values for hot air, microwave, and freeze-drying at different conditions are plotted in Figure 4. As can be observed, the good agreement was obtained when the model was solved by the Fickian diffusion for hot air drying and freeze-drying, but the Fickian diffusion model was not able to predict accurately the experimental moisture ratio for microwave drying.

CONCLUSION

The drying behavior of RFWC was examined with different drying methods and conditions (hot air

drying, microwave drying, and freeze-drying). It was determined that the drying rate increased as the drying temperature, microwave power, and vacuum pressure increased and consequently the drying time decreased. For the hot air drying, the Two Terms model showed a better fit for all temperatures and Henderson and Pabis's model was found to be a most suitable model for all microwave powers of microwave drying. In the freeze-drying method, the Page model gave the best fit for all vacuum pressures. The moisture diffusion coefficients were calculated to be in the range of 1.521×10^{-9} to 4.432×10^{-8} m²/s and the highest effective diffusivities were determined for the microwave drying. The activation energy values were obtained to be 12.421 kJ/mol and

- patatesin kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi. *EJOVOC Electron J Vocat Coll*, 5: 242-287.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T. (2013). Microwave food processing-A review. *Food Res Int*, 52: 243–261, doi: 10.1016/j.foodres.2013.02.033.
- Chudy, S., Makowska, A., Piątek, M., Krzywdzińska-Bartkowiak, M. (2019). Application of microwave vacuum drying for snack production: Characteristics of pure cheese puffs. *Int J Dairy Technol*, 72: 82–88, doi: 10.1111/1471-0307.12562.
- Crank, J. (1979). *The Mathematics of Diffusion*. London, Oxford University Press.
- Dadali, G., Apar, D. K., Özbek, B. (2007). Microwave drying kinetics of okra. *Dry Technol*, 25: 917–924, doi: 10.1080/07373930701536767.
- Diamante, L. M., Munro, P. A. (1993). Mathematical modeling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Solar Energy*, 51: 271–276, doi: 10.1016/0038-092X(93)90122-5.
- Duan, Z., Zhang, M., Hu, Q., Sun, J. (2005). Characteristics of microwave drying of bighead carp. *Dry Technol*, 23: 637–643, doi: 10.1081/DRT-200054156.
- Eren, I., Yildiz-Turp, G., Kaymak-Ertekin, F., Serdaroğlu, M. (2008). The effect of external mass transfer resistance during drying of fermented sausage. *Dry Technol*, 26: 1543–1551, doi: 10.1080/07373930802466724.
- Ermolaev, V. A. (2019). Development of mathematical model for vacuum cheese drying. *Biointerface Res Appl*, 9: 3830-3833.
- Gobbetti, M., Neviani, E., Fox, P., Varanini, G. M. (2018). *The cheeses of Italy: Science and technology*. Springer, 1–274, doi: 10.1007/978-3-319-89854-4.
- Gulati, T., Datta A. K. (2015). Mechanistic understanding of case-hardening and texture development during drying of food materials. *J Food Eng*, 166: 119–138, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.05.031.
- Hayaloğlu, A. A., Guven, M., Fox, P. F. (2002). Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese “Beyaz Peynir”. *Int Dairy J*, 12: 635–648, doi: 10.1016/S0958-6946(02)00055-9.
- Henderson, S. M. (1974). Progress in developing the thin layer drying equation. *Transactions of the ASAE*, 17: 1167-1168.
- Henderson, S. M., Pabis, S. (1961). Grain drying theory (I) temperature effect on drying coefficient. *J Agric Eng Res*, 6: 169-174.
- IDF, (1988). Détermination de l'indice d'insolubilité. Standard No. 129A.
- İlter, I., Akyıl, S., Devseren, E., Okut, D., Koç, M., Ertekin, F. K. (2018). Microwave and hot air drying of garlic puree: drying kinetics and quality characteristics. *Heat Mass Transf*, 54: 2101–2112, doi: 10.1007/s00231-018-2294-6.
- Karathanos, V. T., Belessiotis, V. G. (1999). Application of a thin-layer equation to drying data of fresh and semi-dried fruits. *J Agric Eng Res*, 74: 355–361, doi: 10.1006/jaer.1999.0473.
- Kaya, S. (2004). Peynir kurutma üzerine bir araştırma. *Gıda*, 29: 89-93.
- Kaymak-Ertekin, F. (2002). Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *J Food Sci*, 67: 168–175, doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11378.x.
- Khamjae, T., Rojanakorn, T. (2016). Foam-mat drying of passion fruit aril. *Int Food Res J*, 25: 204–212.
- Kizilalp, G., Polat, I., Urgu, M., Koca, N. (2018). Evaluation of Izmir Tulum cheese pieces by drying with tray drier at different airflow rates and temperatures. *IDS 2018, 21st International Drying Symposium Proceedings*, 11–14 September, Valencia, Spain, 1676p.
- Koç, B., Eren, I., Kaymak-Ertekin, F. (2008). Modeling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *J Food Eng*, 85: 340–349, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.07.030.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B. (1998). Effect of freeze-drying conditions on

- shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *J Food Eng*, 35: 369–380, doi: 10.1016/S0260-8774(98)00031-4.
- Lombrana, J. I. (1997). The influence of pressure and temperature on freeze-drying in an adsorbent medium and establishment of drying strategies. *Food Res Int*, 30: 213–222, doi: 10.1016/S0963-9969(97)00042-2.
- Miller, G. D., Jarvis, J. K., McBean, L. D. (2006). *Handbook of dairy foods and nutrition*. CRC press.
- Mohapatra, D., Rao, P. S. (2005). A thin layer drying model of parboiled wheat. *J Food Eng*, 66: 513–518, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.04.023.
- Mujumdar, A. S. (1995). *Handbook of Industrial Drying*. Florida, Boca Raton: CRC press.
- Pinho, A. R. C., Assis, F. R., Peres, A. P., Pintado, M. E., Morais, A. M. (2017). Dehydration of cheese by hot air, microwave and freeze-drying. *Sci Study Res Chem Chem Eng Biotechnol Food Ind*, 18: 455–460.
- Rakcejeva, T., Zagorska, J., Dukalska, L., Galoburda, R., Eglitis, E. (2009). Physical-chemical and sensory characteristics of Cheddar cheese snack produced in vacuum microwave dryer. *Chemine Technologija*, 3: 16–20.
- Simal, S., Femenia, A., Garau, M. C., Rosselló, C. (2005). Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *J Food Eng*, 66: 323–328, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.03.025.
- TGK, (2015). Türk gıda kodeksi peynir tebliği, Tebliğ No: 2015/6. Resmi Gazete, 29261: TGK.
- Tlatelpa-Becerro, A., Rico-Martínez, R., Urquiza-Beltrán, G., Calderón-Ramírez, M. (2020). Obtaining of crataegus mexicana leaflets using an indirect solar dryer. *Rev Mex Ing Química*, 19(2): 669-676, doi: 10.24275/rmiq/Alim896.
- TS, (1990). Süt-yağ tayini-gerber metodu (Rutin Metot), No: 8189, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS, (2006). Peynir ve İşlenmiş Peynir – Toplam kuru madde içeriği tayini (Referans yöntem), TS EN ISO 5534, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vallejo-Castillo, V., Muñoz-Mera, J., Pérez-Bustos, M. F., Rodriguez-Stouvenel, A. (2020). recovery of antioxidants from papaya (*Carica Papaya L.*) peel and pulp by microwave-assisted extraction. *Rev Mex Ing Química*, 19(1): 85-99, doi: 10.24275/rmiq/Alim593.
- Wang, G. Y., Singh, R. P. (1978). Single layer drying equation for rough rice. *Paper-American Society of Agricultural Engineers*.
- Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X., Hu, X. (2007). Mathematical modeling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying. *J Food Eng*, 80: 536–544, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.06.019.
- White, G. M., Bridges, T. C., Loewer, O. J., Ross, I. J. (1980). Seed coat damage in thin-layer drying of soybeans. *Transactions of the ASAE*, 23: 0224–0227, doi: 10.13031/2013.34559.
- Yağcıoğlu, A., Değirmencioğlu, A., Çağatay, F. (1999). Drying characteristics of laurel leaves under different drying conditions. 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 565-569p.



FERMENTE GIDALARIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Büşra Akdeniz Oktay*, Z. Yeşim Özbaş

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş / Received: 07.09.2020; Kabul / Accepted: 16.11.2020; Online baskı / Published online: 25.11.2020

Akdeniz Oktay, B., Özbaş, Z.Y. (2020). Fermente gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkileri. *GIDA* (2020) 45(6) 1215-1226 doi: 10.15237/gida.GD20105

Akdeniz Oktay, B., Özbaş, Z.Y. (2020). The effects of fermented foods on human health. GIDA (2020) 45(6) 1215-1226 doi: 10.15237/gida.GD20105

ÖZ

Tarihin eski dönemlerinde gıdaları fermente ederek kullanmanın amacı, gıda maddesini daha uzun süre saklayabilmek ya da gıdada çeşitli aroma maddelerini geliştirmek olarak tanımlanmaktadır. Sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin anlaşılmasıyla birlikte, fermente gıdalar günümüzde sıklıkla tüketilen gıdalar haline gelmişlerdir. Fermente gıdalar, yararlı mikroorganizmaların katıldığı kontrollü prosesler ile, gıdaların fermantasyona uğraması sonucunda, çeşitli enzimatik değişimlerin ve sağlığa yararlı son ürünlerin meydana geldiği fonksiyonel gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Fermantasyon sürecinde yer alan mikroorganizmalar, ürettikleri çeşitli metabolitler ve bunların insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, birçok bilim dalının ilgisini çekmekte ve günümüzde halen, sıklıkla araştırılan konular arasında yer almaktadır. Bu derlemede, fermente ürünlerin ve probiyotik mikroorganizmaların çeşitli fonksiyonel özellikleri üzerinde durularak bunların, insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Fermente gıdalar, probiyotik, prebiyotik, bağırsak mikrobiyotası, kronik hastalıklar.

THE EFFECTS OF FERMENTED FOODS ON HUMAN HEALTH

ABSTRACT

In ancient times, the purpose of the fermenting foods was identified as keeping the food material for a longer time or improving some aroma compounds in food. With understanding of the positive effects of fermented foods on human health, nowadays they are frequently consumed. Fermented foods are defined as functional foods which involve in controlled processes of beneficial microorganisms. As a result of fermentation, various enzymatic changes and healthful end products are formed. Microorganisms acting on fermentation, their several metabolites and positive effects on human health attract many disciplines and recently all are often investigated. In this review, by emphasizing the functional properties of fermented foods and probiotic microorganisms, their positive effects on human health are discussed.

Keywords: Fermented foods, probiotic, prebiotic, gut microbiota, chronic diseases.

* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author:

✉ : busra.akdeniz@hacettepe.edu.tr

☎ : (+90) 321 297 71 00

☎ : (+90) 312 299 21 23

Büşra Akdeniz Oktay; ORCID No: 0000-0002-9812-3126

Z. Yeşim Özbaş; ORCID No: 0000-0002-1189-800X

GİRİŞ

Fermantasyonun; Latince’de kaynamak anlamına gelen *Fervere* kelimesinden türetildiği ifade edilmektedir (Asghar vd., 2017). Fermantasyon prosesi, gıda maddelerinin uzun süre saklanabilmeleri amacıyla yapılan ya da kontrollü olarak gerçekleştirilen mikrobiyel bir süreç ile bir hammadden, farklı özellikte ürün oluşturmak amacıyla kullanılan, en eski ve ekonomik yöntemlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Fermente edilmiş gıdaların, normal gıdalardan daha farklı bazı özelliklere sahip olmaları nedeniyle, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Levent ve Cavuldak, 2017). Bunun yanı sıra fermente edilmiş ürünlerde tat, koku, kıvam gibi çeşitli organoleptik özelliklerin de geliştiği belirtilmektedir (Dimidi vd., 2019). Ayrıca, fermantasyon süresince oluşan bakteriyosin, organik asit, etanol gibi çeşitli antimikrobiyel metabolitlerin de insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkileyen çeşitli patojenlere etki ederek, gıdanın güvenilirliğini artırdığı da ifade edilmektedir (Demirgül ve Sağdıç, 2017).

FERMANTASYON PROSELERİ

Fermantasyon prosesinin esas işlevi, NADH molekülünün, koenzim NAD’a dönüştürülerek glikoliz metabolizmasına dahil edilmesi ve oluşan pürivat molekülünden laktik asit yada etanol gibi son ürünlerin üretiminin sağlanmasıdır. Glikoliz sırasında oluşan pürivat molekülünün, farklı fermantasyon prosesleri ile farklı son ürünlere dönüştüğü ifade edilmiştir. (Aslam vd., 2020; Medina, 2019). Son ürünü etanol olan fermantasyonda, pürivat molekülü iki aşamalı olarak gerçekleşen glikoliz reaksiyonu ile etanol ve CO₂’e dönüşmektedir. İlk aşamada, pürivat molekülünden iki karbonlu asetaldehit ve CO₂ oluşurken, ikinci aşamada ise oluşan asetaldehit, NADH yardımıyla etanole indirgenmektedir (Medina, 2019).

Son ürünü laktik asit olan fermantasyonun ise, homolaktik ve heterolaktik olmak üzere iki şekilde gerçekleşebildiği ifade edilmektedir. Homolaktik fermantasyonda; NADH yardımıyla pürivat molekülü, Embden-Meyerhoff-Parnas yolu ile, laktat molekülüne dönüşmektedir. Heterolaktik fermantasyonda ise; glikoliz ile oluşan 2 mol

pürivat molekülünden 1 molü, homolaktik fermantasyona benzer olarak laktata indirgenirken, diğer 1 molünün ise; fosfoketolaz yolu ile etanol ve CO₂ molekülüne dönüştüğü bilinmektedir (Asunis vd., 2019).

Endüstride farklı fermantasyon teknikleri kullanılabilmektedir. “Backslopping” olarak ifade edilen besleme tekniğinde, daha önce gerçekleştirilen bir fermantasyondaki ürünün bir kısmı, yeni başlatılacak olan fermantasyonda kullanılarak süreç başlatılmaktadır (Kim vd., 2018). Bu şekilde başlatılan bir fermantasyonda, eklenen kültürün miktarı her süreç için sabit olmadığı için, fermantasyonun kontrollü olarak gerçekleşmediği ifade edilmektedir (Vinicius De Melo Pereira vd., 2019). Endüstride kullanılan diğer bir fermantasyon tekniği ise; hammaddeye starter kültür eklenerek fermantasyonun başlatılmasıdır. Starter kültür, kontrollü ve güvenilir bir proses sağlamak amacıyla, fermente edilmek istenen gıdaya katılan, tüm özellikleri çeşitli tanımlama yöntemleri ile belirlenmiş olan mikroorganizma kültürüdür (Demirgül ve Sağdıç., 2017). Starter kültürün kullanıldığı proseslerde, diğer yöntemlere göre daha hızlı ve ürün yönünden standart bir fermantasyon prosesi sağlanırken, duyuşal yönden de, istenilen özelliklere sahip ürünler edilebilmektedir (Vinicius De Melo Pereira vd., 2019).

Starter kültür olarak tanımlanan mikroorganizma grupları; hedeflenen son ürüne göre değişkenlik göstermekte olup, çeşitlilik yönünden de oldukça zengindir. Bazı küf (*Penicillium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*), maya (*Zygosaccharomyces*, *Saccharomyces*, *Candida*) ve bakteri cinslerine ait türler (*Acetobacter*, *Brevibacterium*, laktik asit bakterileri-LAB) sıklıkla starter olarak kullanılan mikroorganizmalar arasındadır (Dimidi vd., 2019; Tamang vd., 2016).

Endüstriyel açıdan starter kültürler sıvı, toz (püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş veya dondurarak kurutulmuş) veya donmuş formda üretilmektedirler. Sıvı formdaki starter kültürler, kullanımı kolay ve maliyeti düşük olarak belirtilmekle birlikte, kısa süreli raf ömrüne sahip olmaları nedeniyle, kültür aktiviteleri de sınırlı

olarak karakterize edilmektedirler. Sıvı formdaki kültürlerin, faj enfeksiyonuna ve kültür kontaminasyonuna açık olmaları nedeniyle de, endüstride daha çok; toz formda ve donmuş formda olan kültürlerin kullanıldıkları ifade edilmektedir (Oğuz ve Andiç, 2019). Sıvı azot içerisinde saklanan donmuş formdaki kültürlerde, genetik stabilitenin uzun süre sağlandığı ve depolanma süresinin oldukça uzun olduğu rapor edilmiştir. Hücre kültüründeki su aktivitesinin düşürülmesi esasına dayanan kuru formdaki toz kültürlerin ise, hem işletme maliyetinin düşük olması hem de depolanabilme süresinin uzun olması açısından endüstride daha çok tercih edildikleri bildirilmiştir (Tan vd., 2018).

FERMENTE GIDALARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Dünya üzerinde sıklıkla tüketilen fermente gıdaların insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, fonksiyonel özellikleri ile açıklanmaktadır (Aslam vd., 2020). Fermente gıdalar, probiyotik ve prebiyotik özellikler taşımaktadırlar. Probiyotik özellik; fermente ürünlerin yapılarında bulunan, insanda özellikle bağırsak florasının gelişimine yarar sağlayan canlı mikroorganizmalardan kaynaklanmaktadır (Koçak vd., 2016). Probiyotik fermente bir ürünlerdeki canlı mikroorganizma sayısının fermantasyon sonunda en az; 10^6 - 10^7 kob/g-mL düzeylerinde olması gerektiği bildirilmiştir. Ayrıca probiyotik ürünlerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin görülebilmesi için günlük alınması gereken dozun 10^8 - 10^9 kob/g-mL olduğu da ifade edilmektedir (Min vd., 2019). Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak değerlendirilebilmesi için belirli özelliklere sahip olması gerektiği belirtilmiştir (Markowiak ve Ślizewska, 2017; Zhao vd., 2019). Probiyotik mikroorganizmalar tüketildiğinde herhangi bir yan etki oluşturmadan, tüketen canlı tarafından metabolize edilmeli, ayrıca patojenik ve toksin oluşturan bir suş olmamalıdır. Probiyotik mikroorganizmaların diğer özellikleri arasında ise; midedeki düşük pH değeri, sindirime yardımcı olan safra tuzları ve antibiyotik gibi bazı dış etkenlerden etkilenmeden, canlı olarak bağırsakta kalabilmeleri sayılmaktadır. Laktobasiller ve Bifidobakteriler, yaygın olarak kullanılan probiyotik mikroorganizma cinsleri arasındadırlar.

Laktobasil türlerinin, fermantasyon sırasında farklı karbon kaynaklarını kullanarak laktik asit oluşturdukları ve asidik ortamlarda da gelişebildikleri bilinmektedir (Holban ve Grumezescu, 2018). Bifidobakteri türlerinin ise; doğal olarak bağırsak mikrobiyotasında bulunarak mikrobiyota dengesinin kurulmasına yardımcı olarak, allerjik gastrointestinal reaksiyonların gelişmesine engel oldukları ifade edilmektedir (Wong vd., 2019). Ayrıca, bazı *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* ve *Saccharomyces* cinslerine ait türlerin de, probiyotik özellik taşıyabildikleri ifade edilmektedir. (Deka vd., 2020). Probiyotiklerin organik asit, etanol, hidrojen peroksit ve bakteriyosinler gibi ürettikleri çeşitli metabolitler ve bu metabolitlerin hücre üzerine yaptıkları çeşitli etkiler ile, patojen mikroorganizmaları inhibe edebilme yeteneğine sahip oldukları ifade edilmektedir (Holban ve Grumezescu, 2018). Yapılan bir çalışmada, *Lactobacillus*'un probiyotik karakterli farklı suşlarının, *Salmonella* spp.'nin tutunma bölgelerini inhibe ederek kolonizasyonlarını azaltıp enfeksiyonları önleyebileceği belirtilmiştir (Potočnjak vd., 2017). Probiyotik mikroorganizmaların patojenlere olan etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise, 5 farklı probiyotik LAB suşunun (*Lactococcus lactis* C660, *L. lactis* ATCC 11454, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus*) 7 farklı patojene (*E. coli* K92, *Bacillus cereus*, *Listeria innocua*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Staphylococcus aureus* ve *Staphylococcus epidermidis*) karşı inhibisyon etkileri araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda; çalışılan LAB suşlarının *E. coli* K92, *B. cereus* ve *L. innocua*'nın petri üzerindeki kolonizasyonlarını engelledikleri rapor edilmiştir (Gutiérrez vd., 2016).

Prebiyotik, sindirilmeyen ve lif içeriği yüksek besin elementlerine verilen isim olup bunlar; insan ve hayvan sağlığını olumlu yönde etkileyerek bağırsaktaki kolon bakterilerinin gelişmesini teşvik eden karbonhidratlardır. İnsan bağırsağında bulunan sadece belirli mikroorganizma grupları tarafından hidroliz edilebilen prebiyotiklerden gıda içeriklerinde en yaygın olanı, oligosakaritler olarak rapor edilmektedir. Oligosakaritler, ince bağırsakta metabolize edilmeden kalırlarken,

kolon bölgesinde özellikle *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinin gelişmiş enzim sistemleri ile fermente edilebilmektedirler (Holscher, 2017). Doğal prebiyotik türlerin dışında, karbonhidratların çeşitli enzimlerle hidrolizi ile oluşturulan sentetik prebiyotikler de belirtilmiştir. Sentetik prebiyotiklere örnek olarak ise inülin, laktosükroz ve laktüloz verilebilir (Holban ve Grumezcu., 2018).

Bazı fermente ürünlerin içeriğindeki LAB bu ürünlerin “probiyotik” olarak adlandırılmasında önem teşkil ederler. LAB, karbonhidrat fermantasyonu süresince ana ürün olarak laktik asit üreten ve biyoteknolojik açıdan gıda endüstrisinde oldukça önemli; Gram pozitif bakteri cinslerinden oluşan bir grup olarak tanımlanmaktadır (Alvarez-Sieiro vd., 2016). LAB taksonomisindeki başlıca cinsler; *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella*, *Streptococcus* ve *Lactococcus*'tur (Iskandar vd., 2019). Bazı LAB'nin fermantasyon süresince, laktik asit dışında, bakteriyosin adı verilen antimikrobiyel maddeler de üretebildikleri bilinmektedir. Bakteriyosinler, farklı mikroorganizma gruplarına karşı inhibitör etki gösteren, antibiyotiklerle karşılaştırıldığında daha dar bir etki spektrumuna sahip, gıda koruyucu olarak da kullanılabilen ve ribozomda sentezlenen protein yapısındaki bileşiklerdir (Chikindas vd., 2018; Yalçın ve Üstündağ, 2017). Bu antimikrobiyel proteinlerin, gıdaların fizikokimyasal yapısını bozmadan ve insan sağlığı üzerinde herhangi olumsuz bir etki yaratmadan çeşitli mikroorganizmaları inhibe edebildikleri belirtilmiştir. Bakteriyosinlerin etki mekanizmaları bakteriyosin çeşidine göre değişmekle birlikte genel olarak; etki edeceği bakterinin hücre duvarının bütünlüğünün bozulmasına sebebiyet verme ve hücredeki protein ile nükleik asit sentezini engelleyerek hücreyi inhibe etmek olarak belirtilmektedir (Ahmad vd., 2017).

LAB, besinlerde küf gelişimini kontrol altına almak ve engellemek için kullanılan; fiziksel ve kimyasal yöntemlere alternatif olarak kullanılabilirler. LAB'nin antifungal aktivitesi, fermantasyon süresince üretilen başta

organik asitler ve başka diğer metabolitlerin küflerdeki flament ve spor gelişimini engellemesi ile açıklanmaktadır (Kıvanç ve Kovancı, 2017). Bu konuda yapılan bir çalışmada, *Lactobacillus plantarum*'un 88 adet suşunun, yulaf bazlı ürünler üzerinde gelişebilen *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium expansum* gibi çeşitli küf türlerine karşı antifungal aktivitelerinin araştırıldığı bildirilmiştir. Bu çalışmada, MRS agar üzerine spotlanan *L. plantarum* suşları üzerine her küf türünden Malt Extract broth'da geliştirilen yaklaşık 1×10^6 spor/mL yoğunluğunda kültür aşılınmış, 5 günlük inkübasyonun ardından oluşan inhibisyon zonlarının büyüklüklerinin incelendiği ifade edilmiştir. Sonuç olarak; *L. plantarum* suşların gelişme evresinde ürettiği laktik asitin bir türevi olan fenillaktik asidin küflerin gelişimini belirli ölçülerde engellediği rapor edilmiştir (Russo vd., 2017).

LAB'nin, fermantasyon süresince çeşitli tekrarlayan şeker üniteleri içeren bazı ekzopolisakkaritler de (EPS) sentezleyebildikleri bilinmektedir (Caggianiello vd., 2016). Bu ekzopolisakkaritlerin, bakteriye çevresel stres faktörlerine karşı kendini savunma ve biyofilm oluşturma yeteneklerini kazandırırken, insan sağlığı üzerinde de bağışıklığı güçlendirici ve kolesterol düşürücü etkileri olduğu ifade edilmektedir (Alp ve Kuleaşan, 2019; Caggianiello vd., 2016). Ayrıca, LAB tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin, prebiyotik özellik de gösterdikleri ve bu durumun fermente ürünlerdeki LAB'nin probiyotik özelliklerini destekler nitelikte olduğu da ifade edilmektedir (Zannini vd., 2016). Fermente ürünlerde, LAB tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin ayrıca; ürünün yapısal özelliklerini de geliştirerek, bir stabilite de sağladığı belirtilmektedir (Leroy ve De Vuyst, 2016).

Fermente ürünlerin içeriğinde, fonksiyonel olarak nitelendirilebilecek; biyoaktif peptit oluşumlarının da gözlemlendiği ifade edilmiştir. Biyoaktif peptitler, gıda kaynaklı proteinlerin spesifik şekilde hidrolize olması ile oluşan, sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan, her molekülünde genellikle; 3-20 aminoasit bulunduran yapılardır (Ay ve Şanlı, 2018). Fermente ürünlerde biyoaktif

peptitlerin oluşumunun iki farklı şekilde gerçekleşebildiği rapor edilmektedir. Biyoaktif peptidlerin, fermantasyon ve olgunlaşma süresince meydana geldiği ve mikroorganizmanın kendi proteolitik sistemi sonucunda ya da endojen proteolitik enzimler yardımıyla oluştukları ifade edilmektedir (Frias vd., 2016). Biyoaktif peptitlerin aktivitesi, yapısında bulunan aminoasitlerin sayısı ve bu aminoasitlerin dizilimi ile doğrudan ilişkilendirilmektedir. Fermantasyon sonrasında ortaya çıkan biyoaktif peptitlerin kan şekerini düşüren hormon; insülinin oluşumunu teşvik ettiği, ayrıca vücudun kan basıncını ve su dengesini de düzenleyerek antihipertansif özellik de gösterdiği belirlenmiştir (Daliri vd., 2017). Antihipertansif etkinin, özellikle fermente süt ürünlerinde bulunan anjiyotensin inhibitör peptitlerinin (ACE), kan basıncını dengelemesi ile ortaya çıktığı yapılan çalışmalar ile doğrulanmıştır (Ay ve Şanlı, 2018; Şanlıer vd., 2019; Tamang vd., 2016). Fermente süt ürünleri ile yapılan bir çalışmada, 22 adet *L. casei* suşunun, kendi aralarında ACE inhibitör peptidi aktivitesi yönünden değerlendirildikleri ve bu suşlar arasından IMAU10408 ve IMAU20411 suşlarının en yüksek ACE inhibitör peptidi aktivitesine sahip olduklarının belirlendiği rapor edilmiştir (Li vd., 2017).

Hipertansif farelerle yapılan farklı bir diğer çalışmada; *L. lactis* NRRL B-50571 suşunu içeren fermente süt ürünlerindeki ACE inhibitörü peptidi aktivitesinin, kan basıncı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada; ACE inhibitörü peptidi aktivitesinin, hipertansif farelerde, 6 hafta süre ile takip edildiği ifade edilmiştir. Bildirilen sonuçlarda, *L. lactis* NRRL B-50571 ile fermente edilmiş sütle beslenen hipertansif farelerde kan basıncının düştüğü ifade edilirken, ayrıca peptid aktivitesinin plazmada nitrik oksit oluşumunu artırarak antioksidan etki de gösterdiği rapor edilmiştir (Beltrán-Barrientos vd., 2018).

Biyoaktif peptitlerin ayrıca, çeşitli bakteri, maya ve virüslere karşı da antimikrobiyel özellik göstermelerinin yanısıra, oksidatif stresi önleyici ve serbest radikalleri bağlayıcı etki göstermek suretiyle antioksidan özelliklerinin de bulunduğu

belirtilmektedir (Ay ve Şanlı, 2018). *L. plantarum*'un farklı suşları ile yapılan bir çalışmada, süt ürünlerinin fermantasyonu sonucunda oluşan peptid fraksiyonlarının antioksidan aktivitesinin 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) metodu ile incelendiği suşlar arasında *L. plantarum* 55 suşunun antioksidan aktivitesinin oldukça yüksek bulunduğu rapor edilmiştir (Aguilar-Toalá vd., 2017).

FERMENTE ÜRÜNLERİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Fermantasyon sonucunda ürün olarak çeşitli organik asitler, etanol ve antimikrobiyeller (bakteriyosinler ve antifungal maddeler) oluştuğu için fermantasyon, biyolojik bir muhafaza yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Marco vd., 2017). Ayrıca, fermantasyon sonucunda son ürünün hammaddeden farklı olarak, hem fiziksel (kıvam, doku vb.) hem de duyuşsal açıdan (tat, koku vb.) istenen özellikler kazandığı da bilinmektedir (Mokoena vd., 2016). Bu özellikleri dışında fermente ürünlerde, insan sağlığını olumlu yönde etkileyen bazı fonksiyonel bileşenlerin bulunduğu da, güncel çalışmalar ile tespit edilmiştir. Dünya üzerinde sağlıklı yaşamı destekleyen, fonksiyonel bileşenler içeren gıdaların tüketiminin de giderek yaygınlaştığı ifade edilmektedir. Fermente gıdaların, başta bağırsak mikrobiyotası olmak üzere, vücudun farklı bölgeleri üzerinde olumlu etkiler göstererek, sağlıklı bir yaşamı desteklediği ve çeşitli hastalıklara karşı vücudu koruyabildiği de belirtilmektedir (Dimidi vd., 2019).

İnsan bağırsağında bakteri, maya gibi mikroorganizma gruplarından oluşan özel bir mikroflora bulunduğu ve "mikrobiyota" olarak adlandırıldığı bilinmektedir (Özdemir ve Demirel, 2017). İnsan bağırsak mikrobiyotasında, yoğun olarak Firmicutes ve Bacteroidetes familyasına ait cinsler bulunmakla birlikte, Actinobacteria, Proteobacteria familyasına ait cinslerin de doğal mikrofloraya dahil oldukları ifade edilmektedir (Foster vd., 2017; Thursby ve Juge, 2017). Bu gruplar dışında bağırsak mikrobiyotasındaki mikroflora yoğunluğu ve içeriğinin, kişinin beslenme biçimi, bulunulan coğrafya, antibiyotik kullanımı, anne sütü alımı gibi etkilerle bireyden

bireye değişkenlik gösterebileceği de bildirilmektedir (Özdemir ve Demirel, 2017). Bağırsak mikrobiyotasının, bağırsağa gelene kadar sindirime uğramayan besinleri yıkıma uğratarak, sindirimin kolaylaşmasına yardımcı olduğu belirtilmektedir. Yıkım işlemleri sonucunda meydana gelen çeşitli metabolitlerin bağışıklık sistemi ile metabolizma dengesinin gelişiminde önemli rol oynadığı da rapor edilmiştir (Thursby ve Juge, 2017). Bağırsak mikrobiyotası; bağırsak duvarında yaklaşık 100 milyon sinir hücresinden oluşan karmaşık yapıli enterik sinir sistemi içermekte olup, bu enterik sinir sistemi bazen “ikinci beyin” olarak da adlandırılmaktadır (Doğan vd., 2018). Son yıllarda nörogastroenteroloji alanında yapılan çalışmalarda, bağırsak mikrobiyotası ile merkezi sinir sistemi arasında “bağırsak-beyin eksenini” olarak da adlandırılan bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur (Dinan ve Cryan, 2017). Bağırsak-beyin ekseninin, vücutta nöral, hormonal ve immünolojik düzeylere göre düzenlendiği ifade edilmiştir (Çetinbaş vd., 2017). Bu bağlamda bağırsak-beyin ekseninde herhangi bir anormali olması durumunda, hem gastrointestinal hem de merkezi sinir sistemi ile ilgili rahatsızlıklar görülebileceği rapor edilmiştir (Ghaisas vd., 2016; Mota de Carvalho vd., 2018).

Sağlıklı bir insanın bağırsak mikrobiyotasındaki doğal mikrobiyel floranın korunabilmesi, gastrointestinal rahatsızlıkların ve gastrointestinal rahatsızlıklara bağlı başka hastalıkların önüne geçebilmenin önemli koşullarından biri olarak ifade edilmiştir. Probiyotik içerikli fermente ürünlerin tüketimi, sağlıklı bağırsak mikrobiyotası ile doğrudan ilişkilendirilmiş olup, bu ürünlerin bağışıklık sistemini güçlendiren etkilerinin olduğu da, çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Aslam vd., 2020). Dünya çapında oldukça yaygın olan obezite hastalığının, bağırsak mikrobiyotası ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir. Obezite hastalığı vücuda alınan kalori ve vücutta tüketilen kalori arasındaki dengesizlik sonucunda, vücutta fazla yağ dokusu birikmesi olarak ifade edilmiştir (Boulangé vd., 2016). Yağ oranı yüksek diyet ile ilişkilendirilen obezite durumunda, bağırsak mikrobiyotasında doğal olarak bulunması gereken mikroorganizma dengesinin bozularak, epitel

dokudaki bütünlüğün zarar gördüğü belirtilmektedir (Bagarolli vd., 2017). Epitel dokunun zarar görmesi durumunda ise; kişinin kendi doku hücrelerine karşı oluşan kronik inflamasyon sonucunda, dokularda kansere varan sonuçlar ile karşılaşılabilirliği rapor edilmiştir (Durmuş vd., 2018). Obezite göstergesi olarak, insanlarda doğal bağırsak florasında bulunan Firmicutes ile Bacteroidetes üyesi cinslerinin birbirlerine oranının (F/B oranı), bir biyomarker olarak kabul edildiği ifade edilmiştir (Tseng ve Wu, 2019). Obezite ile ilişkilendirilen ve kan şekerinin daimi yüksekliğine neden olan metabolik rahatsızlık; diyabet hastalığının da, bağırsak mikrobiyotasındaki flora ile doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Diyabet dışında, vücutta salgılanan insülinin yağ, kas ve karaciğer hücrelerinde yeterli tepkiyi oluşturamaması durumunda oluşan insülin direnci de; obezite ile ilişkilendirilmektedir (Durmuş vd., 2018).

Kompleks diyet lifleri olan prebiyotiklerin, insan bağırsak mikroflorası tarafından fermentasyona uğratılması sonucunda oluşan metabolitlerden birisi olan; kısa zincirli bir yağ asidi; bütirat molekülünün, insülin hassasiyetini ve enerji metabolizmasını etkilediği ifade edilmiştir. Fermentasyon sonucu oluşan bütirat molekülü ile, karaciğerdeki kolesterolden sentezlenerek bağırsağa salınan safra asidi, vücuttaki şeker metabolizması ile ilgili GIP, NPY, GLP-1 ve GLP-2 gibi birkaç hormonun seviyesini etkileyerek, insülin salgılanmasını uyardığı ve kandaki glukoz seviyesini düşürdüğü rapor edilmiştir (Fatih, 2017).

Gastrointestinal rahatsızlıklardan bir diğeri ise; kronik enflamasyonlar olarak bildirilmektedir. Bu enflamasyonlardan birine neden olan; *Helicobacter pylori* mide mukozasına yerleşebilen, Gram negatif bir bakteri olup, kronik gastrit, ülser hastalığı, kronik gastrit, mide kanseri ve duodenal ülser hastalığı gibi çeşitli gastrointestinal problemlerde önemli rolü olan bir patojendir (Akdeniz vd., 2018). *H. pylori*'nin, amonyak üreten ureaz enzimini bulundurması nedeniyle, asidik mide ortamını nötralize edebildiği ve asidik ortama karşı dirençli olma özelliği ile de, mide epiteline tutunmasının kolay olduğu belirtilmiştir (Akdeniz

vd., 2018). *H. pylori* tedavisinde; antibiyotikler sıkça kullanılsa da, patojenin zamanla bu antibiyotiklere karşı direnç göstermesi ve görülen yan etkiler nedeniyle farklı tedavi yöntemlerinin denendiği rapor edilmektedir. Bu alternatiflerden birisi de; probiyotik tedavisi olarak açıklanmaktadır. Birçok çalışmada probiyotiklerin ürettikleri bakteriyosinlerin, H₂O₂ ve kısa zincirli yağ asitleri sayesinde, *H. pylori* inhibisyonunu sağlanabildiğine dair kanıtların elde edildiği bildirilmektedir (Akdeniz vd., 2018; Vitor ve Vale, 2011). Ayrıca probiyotiklerin ürettikleri laktik asitin sağladığı asidik ortam, üreaz enzimini de inhibe edebildiğinden, mide ortamının doğal florasının korunmasına yardımcı olarak *H. pylori* eradikasyonunu sağladığı rapor edilmiştir (Kim vd., 2014).

Tüm vücut dokuları için temel yapıtaşı olarak kabul edilen kolesterolün kandaki seviyesinin normalin üzerinde seyretmesinin, kalp damar hastalıklarının görülme riskini artıran faktörlerden biri olarak değerlendirildiği bilinmektedir. Probiyotik bakterilerin kandaki kolesterolü düşürücü etkilerinin olduğu da ifade edilmektedir. Probiyotik bakterilerin, sindirim esnasında ince bağırsakta safra tuzlarını serbest forma geçirerek safra tuzlarının çözünürlüğünü azalttıkları belirtilmiştir. Bu durumda bağırsak kanalından normale göre daha fazla safra asidi atıldığından karaciğere dönen safra asidi miktarının da azaldığı belirtilmektedir. Karaciğerin bu durumda; kandaki kolesterolü kullanarak daha fazla safra asidi sentezlediği ve kandaki kolesterol seviyesinin düşürdüğü belirlenmiştir (Alp ve Ertürkmen, 2017).

Yapılan araştırmalarda, bağırsak-beyin eksenini ilişkisinden ötürü, kronik bağırsak rahatsızlıklarının, nörodejeneratif ve psikolojik rahatsızlıklara da neden olabileceği belirlenmiştir (Serra vd., 2019). Bağırsak mikrobiyotasının ilaç kullanımı, diyet, fizyolojik adaptasyon gibi çeşitli dış etmenlerle değişime uğrayarak kendi içindeki dengesinin bozulması; disbiyosis olarak ifade edilmektedir (Sugeçti vd., 2019). Disbiyosis durumunda oluşan bilişsel davranış bozuklukları sonucunda; nörodejeneratif rahatsızlıkların görüldüğü bildirilmektedir. Bağırsak

mikrobiyotasının doğasının korunması ile bu rahatsızlıkların gelişim sürecinin değiştirilebileceğine dair çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan birinde; Alzheimer ve Parkinson'un ilerleme sürecinin besinsel takviyeler ile değiştirilebileceği vurgulanmıştır (Lee ve Pan, 2017; Tseng vd., 2016). Bir diğer araştırmada ise; fermente pirinç özütünün içeriğinde bulunan farklı antioksidatif ve antiinflamatuvar özellikteki metabolitlerin, Parkinson tedavisi için önemli bir potansiyel oldukları rapor edilmiştir (Tseng vd., 2016). Zihinsel gelişimde eksiklik nedeniyle meydana gelen kavrama bozukluğu ile çevre ile etkileşimde sorun yaşanmasına neden olan; otizm spektrum bozukluğu tespit edilen bireylerin otistik davranışları ile bağırsak beyin eksenini arasında da ilişki olduğu ifade edilmektedir (Li ve Zhou, 2016). Bu konuda yapılan bir çalışmada; otizm spektrum bozukluğu tespit edilen, 2 ile 4 yaş arasındaki çocukların bağırsak mikrobiyotasının, bu yaşta bulunan sağlıklı çocuklarınkine göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre hasta bireylerde, sağlıklı insanlara göre; Bacteroidetes ve Proteobacteria gruplarının artış gösterdikleri, Actinobacteria grubunun ise azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, bu yaş aralığındaki çocukların bağırsak florasında dominant olarak bulunması gereken *Bifidobacterium longum* türü saptanmazken, hasta çocukların bağırsak mikrobiyotasında, önemli bir bütirat üreticisi olan; *Faecalibacterium prausnitzii* türünün yüksek seviyelerde bulunduğu ifade edilmiştir (Coretti vd., 2018).

Bağırsak-beyin eksenini ilişkisini farklı şekilde ifade eden “psikobiyota”nın fermente gıdalar ile doğrudan ilişkilendirildiği belirtilmiştir (Aslam vd., 2020). Yapılan birçok çalışmada, fermente gıdalarda bulunan bazı probiyotik mikroorganizmaların yeterli miktarda tüketildiklerinde, ürettikleri çeşitli metabolitler sayesinde psikolojik rahatsızlıklar üzerinde olumlu etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Probiyotik bu mikroorganizmalara “psikobiyotik” adı verilmektedir (Zhou ve Foster, 2015). Psikobiyotiklerin, serotonin öncüsü triptofan ve dopamin öncüsü tirozin ve γ -amino bütirik asit gibi nörotransmitter maddeleri üreterek, duygu

durumu üzerinde olumlu etkiler yarattığı ve anksiyete semptomlarını azalttığı rapor edilmektedir (Bermúdez-Humarán vd., 2019). Psikobiyotik bir mikroorganizma olan *L. plantarum* PS128 suşu ile yapılan bir çalışmada, 16 gün boyunca farelere uygulanan probiyotik takviyesi sonucunda, farelerdeki stres seviyelerinin ve depresyon davranışlarının önemli ölçüde azaldığı ifade edilmiştir (Liu vd., 2016). Bu konuda insan üzerinde yapılan klinik çalışmalar halen devam etmekle birlikte, psikobiyotik mikroorganizmaların tüketimi ile değişen bağırsak mikrobiyotası sayesinde, psikolojik rahatsızlıkların semptomlarının ilaç kullanmadan azaltılabileceği belirlenmiş ve probiyotik mikroorganizmalar içeren fonksiyonel özellikteki fermente gıdaların tedavi amaçlı tüketimleri konusu oldukça önem kazanmıştır (Misra ve Monhanty, 2019).

SONUÇ

Günümüzde, hızla büyüyen dünya nüfusu içerisinde, insanların sağlıklı beslenme konusunda giderek daha fazla bilinçlenmeye başladıkları ifade edilmektedir. Bunun sonucu olarak da insanların, sağlıklı beslenme alışkanlıkları edinmeye ve fonksiyonel özellikteki gıdaları daha fazla tüketmeye başladıkları belirtilmektedir. Eskiden sadece gıdaların daha uzun süre muhafaza edilmesi ve son üründe karakteristik tat/koku özelliklerinin geliştirilmesi için kullanılan fermentasyon tekniğinin, günümüzde; fermente gıdaların fonksiyonel özelliklerinin anlaşılmasıyla, daha farklı amaçlarla kullanılan bir yöntem haline geldiği belirtilmektedir. İnsan sağlığı üzerinde, hem gastrointestinal hem de nörolojik açıdan birçok yararlı etki gösteren ve tansiyon, şeker gibi çeşitli kronik rahatsızlıkların etkilerini azaltmaya yardımcı olan fermente gıdaların, bilim dünyasında yoğun olarak çalışılan konular arasına girdiği bildirilmektedir. Bunun yanı sıra; her fermente ürün grubunun, sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin ayrı ayrı incelenmeye değer ve faydalı olacağı da düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu makale ile ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

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

KAYNAKLAR

Aguilar-Toalá, J., Santiago-López, L., Peres, C., Peres, C., Garcia, H., Vallejo-Cordoba, B., González-Córdova, A., Hernández-Mendoza, A. (2017). Assessment of multifunctional activity of bioactive peptides derived from fermented milk by specific *Lactobacillus plantarum* strains. *J Dairy Sci*, 100(1):65-75. doi:10.3168/jds.2016-11846

Ahmad, V., Khan, M. S., Jamal, Q. M. S., Alzohairy, M. A., Al Karaawi, M. A., Siddiqui, M. U. (2017). Antimicrobial potential of bacteriocins: in therapy, agriculture and food preservation. *Int J Antimicrob Agents*, 49(1): 1-11. doi:10.1016/j.ijantimicag.2016.08.016

Akdeniz, V., Akalın, A. S., Özer, E. (2018). *Helicobacter pylori* enfeksiyonunda probiyotiklerin rolü. *Gıda*, 43(6): 943-956. doi:10.15237/gıda.GD18062

Alp, D., Ertürkmen, P. (2017). Probiyotik olarak kullanılan *Lactobacillus* spp. suşlarının kolesterol düşürücü etkileri ve olası mekanizmalar. *MAKÜ Sag Bil Enst Derg*, 8(1):108-113.

Alp, D., Kuleşan, H. (2019). Farklı kaynaklardan izole edilmiş laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit üretimi ve kolesterol asimilasyon yeteneklerinin belirlenmesi. *Gıda*, 44(2): 191-201. doi:10.15237/gıda.GD18059

Alvarez-Sieiro, P., Montalbán-López, M., Mu, D., Kuipers, O. P. (2016). Bacteriocins of lactic acid bacteria: extending the family. *Appl Microbiol Biotechnol*, 100(7): 2939-2951. doi:10.1007/s00253-016-7343-9

Asghar, F., Ali, S., Goraya, A., Javaid, I., Hussain, Z. (2017). A Review on the Role of Fermented Foods as Health Promoters. *Int J Sci Eng Technol*, 3: 141-148. doi:10.32628/IJSRST173415

Aslam, H., Green, J., Jacka, F. N., Collier, F., Berk, M., Pasco, J., Dawson, S. L. (2020). Fermented foods, the gut and mental health: A mechanistic overview with implications for

- depression and anxiety. *Nutr Neurosci*, 1-13. doi:10.1080/1028415X.2018
- Asunis, F., De Gioannis, G., Isipato, M., Muntoni, A., Poletini, A., Pomi, R., Rossi, A., Spiga, D. (2019). Control of fermentation duration and pH to orient biochemicals and biofuels production from cheese whey. *Bioresour Technol*, 289: 121722. doi:10.1016/j.biortech.2019.121722
- Ay, C., Şanlı, T. (2018). Süt Ürünlerinde Biyoaktif Peptitlerin Oluşumu ve Fonksiyonel Özellikleri. *ADÜ Ziraat Derg*, 15(1): 115-120. doi:10.25308/aduziraat.340581
- Bagarolli, R. A., Tobar, N., Oliveira, A. G., Araújo, T. G., Carvalho, B. M., Rocha, G. Z., Vecina, J. F., Calisto, K., Guadagnini, D., Prada, P. O. (2017). Probiotics modulate gut microbiota and improve insulin sensitivity in DIO mice. *J Nutr Biochem*, 50: 16-25. doi:10.1016/j.jnutbio.2017.08.006
- Beltrán-Barrientos, L. M., Hernández-Mendoza, A., González-Córdova, A. F., Astiazarán-García, H., Esparza-Romero, J., Vallejo-Córdoba, B. (2018). Mechanistic pathways underlying the antihypertensive effect of fermented milk with *Lactococcus lactis* NRRL B-50571 in spontaneously hypertensive rats. *Nutrients*, 10(3): 262. doi:10.3390/nu10030262
- Bermúdez-Humarán, L. G., Salinas, E., Ortiz, G. G., Ramirez-Jirano, L. J., Morales, J. A., Bitzer-Quintero, O. K. (2019). From probiotics to psychobiotics: live beneficial bacteria which act on the Brain-Gut axis. *Nutrients*, 11(4):890-912. doi:10.3390/nu11040890
- Boulangé, C. L., Neves, A. L., Chilloux, J., Nicholson, J. K., Dumas, M. E. (2016). Impact of the gut microbiota on inflammation, obesity, and metabolic disease. *Genome Med*, 8(1): 1-12. doi:10.1186/s13073-016-0303-2.
- Caggianiello, G., Kleerebezem, M., Spano, G. (2016). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms. *Appl Microbiol Biotechnol*, 100(9): 3877-3886. doi:10.1007/s00253-016-7471-2
- Çetinbaş, S., Kemeriz, F., Göker, G., Biçer, İ., Veliöğlu, Y. S. (2017). İnsan Mikrobiyomu: Beslenme ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Akademik Gıda*, 15(4): 409-415. doi:10.24323/akademik-gida.370267
- Chikindas, M. L., Weeks, R., Drider, D., Chistyakov, V. A., Dicks, L. M. (2018). Functions and emerging applications of bacteriocins. *Curr Opin Biotechnol*, 49: 23-28. doi:10.1016/j.copbio.2017.07.011
- Coretti, L., Paparo, L., Riccio, M., Amato, F., Cuomo, M., Natale, A., Borrelli, L., Corrado, G., Comegna, M., Buommino, E. (2018). Gut microbiota features in young children with autism spectrum disorders. *Front Microbiol*, 9: 3146. doi:10.3389/fmicb.2018.03146
- Daliri, E., Oh, D., Lee, B. (2017). Bioactive peptides. *Foods*, 6(5): 32. doi:10.3390/foods6050032.
- Deka, S. C., Seth, D., Hulle, N. R. S. (Eds.). (2020). *Food Bioactives: Functionality and Applications in Human Health*. USA: CRC Press.
- Demirgöl, F., Sağdıç, O. (2017). Laktik Starter Kültür Üretim Teknolojisi. *EJOSAT*, 7(11): 27-37.
- Dimidi, E., Cox, S. R., Rossi, M., Whelan, K. (2019). Fermented Foods: Definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. *Nutrients*, 11(8): 1806. doi:10.3390/nu11081806
- Dinan, T. G., Cryan, J. F. (2017). The microbiome-gut-brain axis in health and disease. *Gastroentol Clin N*, 46(1): 77-89. doi:10.1016/j.gtc.2016.09.007
- Doğan, A., Yaşar, S., Kayhan, S., Kırmızıgöz, Ş., Kaplan, A. (2018). Bağırsak-beyin aksı. *Türk Nöroşir Derg*, 28(3): 377-379. doi:10.5336/jtracom.2018-61683
- Durmuş, E., Aypak, C., Görpeliöğlu, S. (2018). Tip 2 Diyabet Hastalarında Kronik İnflamasyon Belirteci Olarak Lökosit Sayımı. *Ankara Med J*, 1(4): 253-259. doi:10.17098/amj.364164

- Fatih, K. (2017). Bağırsak Mikrobiyotasının Obezite, İnsülin Direnci ve Diyabetteki Rolü. *J Biotechnol and Strategic Health Res*, 1: 68-80.
- Foster, J. A., Rinaman, L., Cryan, J. F. (2017). Stress the gut-brain axis: regulation by the microbiome. *Neurobiol Stress*, 7: 124-136. doi:10.1016/j.ynstr.2017.03.001
- Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., Peñas, E. (2016). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. United Kingdom: Elsevier.
- Ghaisas, S., Maher, J., Kanthasamy, A. (2016). Gut microbiome in health and disease: Linking the microbiome–gut–brain axis and environmental factors in the pathogenesis of systemic and neurodegenerative diseases. *Pharmacol Ther*, 158: 52-62. doi:10.1016/j.pharmthera.2015.11.012
- Gutiérrez, S., Martínez-Blanco, H., Rodríguez-Aparicio, L., Ferrero, M. (2016). Effect of fermented broth from lactic acid bacteria on pathogenic bacteria proliferation. *J Dairy Sci*, 99(4): 2654-2665. doi:10.3168/jds.2015-10439
- Holban, A. M., Grumezescu, A. M. (Eds.). (2018). *Diet, Microbiome and Health* (Vol. 11). UK: Elsevier.
- Holscher, H. D. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2): 172-184. doi:10.1080/19490976.2017.1290756
- Iskandar, C. F., Cailliez-Grimal, C., Borges, F., Revol-Junelles, A.M. (2019). Review of lactose and galactose metabolism in Lactic Acid Bacteria dedicated to expert genomic annotation. *Trends Food Sci Technol*. 88: 121-132. doi:10.1016/j.tifs.2019.03.020
- Kim, D. H., Jeong, D., Song, K. Y., Seo, K. H. (2018). Comparison of traditional and backslipping methods for kefir fermentation based on physicochemical and microbiological characteristics. *LTW – Food Sci Technol*, 97: 503-507. doi:10.1016/j.lwt.2018.07.023
- Kim, J. E., Kim, M. S., Yoon, Y. S., Chung, M. J., Yum, D. Y. (2014). Use of selected lactic acid bacteria in the eradication of *Helicobacter pylori* infection. *J Microbiol*, 52(11): 955-962. doi:10.1007/s12275-014-4355-y
- Kıvanç, M., Kovancı, P. (2017). Fermente gıdalardan izole edilen laktik asit bakterilerinin antifungal aktivitesinin belirlenmesi. *Gıda*, 42(5): 477-484. doi:10.15237/gida.GD17012
- Koçak, Y., Fındık, A., Çiftçi, A. (2016). Probiyotikler: Genel Özellikleri ve Güvenilirlikleri. *Etilik Vet Mikrobiyol Derg*, 27(2): 118-122.
- Lee, C., Pan, T. (2017). The prevention of Alzheimer's disease and Parkinson's disease by *Monascus purpureus* NTU 568-fermented compounds. *J Alzheimers Dis Parkinsonism*, 7(342): 2161-0460. doi:10.4172/2161-0460.1000342
- Leroy, F., De Vuyst, L. (2016). Advances in production and simplified methods for recovery and quantification of exopolysaccharides for applications in food and health. *J Dairy Sci*, 99(4): 3229-3238. doi:10.3168/jds.2015-9936
- Levent, H., Cavuldak, Ö. A. (2017). Geleneksel Fermente Bir İçecek: Boza. *Akademik Gıda*, 15(3): 300-307. doi:10.24323/akademik-gida.345273
- Li, C., Kwok, L. Y., Mi, Z., Bala, J., Xue, J., Yang, J., Ma, Y., Zhang, H., Chen, Y. (2017). Characterization of the angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of fermented milks produced with *Lactobacillus casei*. *J Dairy Sci*, 100(12): 9495-9507. doi:10.3168/jds.2017-12970
- Li, Q., Zhou, J. M. (2016). The microbiota–gut–brain axis and its potential therapeutic role in autism spectrum disorder. *Neuroscience*, 324: 131-139. doi:10.1016/j.neuroscience.2016.03.013
- Liu, Y. W., Liu, W. H., Wu, C. C., Juan, Y. C., Wu, Y. C., Tsai, H. P., Wang, S., Tsai, Y. C. (2016). Psychotropic effects of *Lactobacillus plantarum* PS128 in early life-stressed and naïve adult mice. *Brain Res*, 1631: 1-12. doi:10.1016/j.brainres.2015.11.018
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Curr Opin Biotechnol*, 44: 94-102. doi:10.1016/j.copbio.2016.11.010
- Markowiak, P., Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human

- health. *Nutrients*, 9(9): 1021. doi:10.3390/nu9091021
- Medina, R. (2019). *Fermentation Technology*. United Kingdom: ED-TECH Press.
- Min, M., Bunt, C. R., Mason, S. L., Hussain, M. A. (2019). Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(16): 2626-2641. doi: 10.1080/10408398.2018.1462760
- Misra, S., Monhanty, D. (2019) Psychobiotics: A new approach for treating mental illnesses?. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(8): 1230-1236. doi: 10.1080/10408398.2017.1399860.
- Mokoena, M. P., Mutanda, T., Olaniran, A. O. (2016). Perspectives on the probiotic potential of lactic acid bacteria from African traditional fermented foods and beverages. *Food Nutr Res*, 60(1): 29630. doi:10.3402/fnr.v60.29630
- Mota de Carvalho, N., Costa, E., Silva, S., Pimentel, L., Fernandes, T., Pintado, M. (2018). Fermented foods and beverages in human diet and their influence on gut microbiota and health. *Fermentation*, 4(4): 90. doi:10.3390/fermentation4040090
- Oğuz, Ş., Andiç, S. (2019). Peynir üretiminde kullanılan starter kültürler. *Gıda*, 44(6): 1174-1196. doi:10.15237/gıda.GD19121
- Özdemir, A., Demirel, Z. B. (2017). Beslenme ve Mikrobiyota ilişkisi. *J Biotechnol and Strategic Health Res*, 1: 25-33.
- Potočnjak, M., Pušić, P., Frece, J., Abram, M., Janković, T., Gobin, I. (2017). Three new *Lactobacillus plantarum* strains in the probiotic toolbox against gut pathogen *Salmonella enterica* serotype Typhimurium. *Food Technol Biotechnol*, 55(1): 48-54. doi:10.17113/ftb.55.01.17.4693
- Russo, P., Arena, M. P., Fiocco, D., Capozzi, V., Drider, D., Spano, G. (2017). *Lactobacillus plantarum* with broad antifungal activity: A promising approach to increase safety and shelf-life of cereal-based products. *Int J Food Microbiol*, 247: 48-54. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.04.027
- Şanlıer, N., Gökçen, B. B., Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(3): 506-527. doi: 10.1080/10408398.2017.1383355
- Serra, D., Almeida, L. M., Dinis, T. C. (2019). The Impact of Chronic Intestinal Inflammation on Brain Disorders: the Microbiota-Gut-Brain Axis. *Mol Neurobiol*, 56(10):6941-6951. doi:10.1007/s12035-019-1572-8
- Sugeçti, S., Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K. (2019). Barsak Mikrobiyotasının Nörodejeneratif Hastalıklar Üzerindeki Patofizyolojik Rolü. *J Immunol Clin Microbiol*, 4(4): 152-157.
- Tamang, J., Watanabe, K., Holzapfel, W. (2016). Review: Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Front Microbiol*, 7(337). doi:10.3389/fmicb.2016.00377
- Tan, D. T., Poh, P. E., Chin, S. K. (2018). Microorganism preservation by convective air-drying-A review. *Drying Technology*, 36(7): 764-779. doi:10.1080/07373937.2017.1354876
- Thursby, E., Juge, N. (2017). Introduction to the human gut microbiota. *Biochem J*, 474(11): 1823-1836. doi:10.1042/BCJ20160510
- Tseng, C. H., Wu, C. Y. (2019). The gut microbiome in obesity. *J Formosan Med Assoc*, 118(1): S3-S9. doi:10.1016/j.jfma.2018.07.009
- Tseng, W. T., Hsu, Y. W., Pan, T. M. (2016). The ameliorative effect of *Monascus purpureus* NTU 568-fermented rice extracts on 6-hydroxydopamine-induced neurotoxicity in SH-SY5Y cells and the rat model of Parkinson's disease. *Food Funct*, 7(2): 752-762. doi:10.1039/C5FO00976F
- Vinicius De Melo Pereira, G., De Carvalho Neto, D. P., Junqueira, A. C. O., Karp, S. G., Letti, L. A., Magalhães Júnior, A. I., Soccol, C. R. (2019). A Review of Selection Criteria for Starter Culture Development in the Food Fermentation Industry. *Food Rev Int*, 1-33. doi:10.1080/87559129.2019.1630636
- Vitor, J. M., Vale, F. F. (2011). Alternative therapies for *Helicobacter pylori*: probiotics and phytomedicine. *FEMS Immunol Med Microbiol*,

63(2): 153-164. doi:10.1111/j.1574-695X.2011.00865.x

Wong, C. B., Odamaki, T., Xiao, J. Z. (2019). Beneficial effects of *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* BB536 on human health: Modulation of gut microbiome as the principal action. *J Funct Foods*, 54: 506-519. doi:10.1016/j.jff.2019.02.002

Yalçın, H., Üstündağ, H. (2017). Bacteriocins and their use in food products. *MAKÜ Sag Bil Enst Derg*, 5(1): 53-65. doi:10.24998/maeusabed.299346

Zannini, E., Waters, D. M., Coffey, A., Arendt, E. K. (2016). Production, properties, and industrial food application of lactic acid bacteria-derived

exopolysaccharides. *Appl Microbiol Biotechnol*, 100(3): 1121-1135. doi:10.1007/s00253-015-7172-2

Zhao, W., Liu, Y., Latta, M., Ma, W., Wu, Z., Chen, P. (2019). Probiotics database: a potential source of fermented foods. *Int J Food Prop*, 22(1): 198-217. doi:10.1080/10942912.2019.1579737

Zhou, L., Foster, J. A. (2015). Psychobiotics and the gut-brain axis: in the pursuit of happiness. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 11: 715-723. doi:10.2147/NDT.S61997



**KAFEİNSİZ KAHVE BENZERİ İÇECEK ÜRETİMİ İÇİN MAŞ FASULYESİ
(*Vigna radiata*) KULLANIMI**

Esra Alptekin, Sibel Bölek*

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul,
Türkiye

Geliş / Received: 29.08.2020; Kabul / Accepted: 16.11.2020; Online baskı / Published online: 27.11.2020

Alptekin, E., Bölek, S. (2020). Kafeinsiz kahve benzeri içecek üretimi için maş fasulyesi (*Vigna radiata*) kullanımı. GIDA (2020) 45(6) 1227-1236 doi: 10.15237/gida.GD20104

Alptekin, E., Bölek, S. (2020). Use of mung bean (*Vigna radiata*) for the production of caffeine-free coffee-like beverages. GIDA (2020) 45(6) 1227-1236 doi: 10.15237/gida.GD20104

ÖZ

Kavrulduktan sonra kahve çekirdeğinin aroma ve lezzet profilinden sorumlu olan kimyasal bileşenleri içeren maş fasulyeleri (*Vigna radiata*) kafeinsiz bir kahve alternatifi olma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada maş fasulyeleri akışkan yatak kavurucu kullanılarak 130°C sıcaklıkta 10, 20 ve 30 dakika süresince, mikrodalga fırın kullanılarak 600 W mikrodalga gücünde 8, 14 ve 20 dakika süresince kavurulmuştur. Kavurucu tipi ve kavurma derecesinin maş fasulyelerinin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, 130°C sıcaklıkta 20 dakika ve 600 W gücünde 14 dakika süresince gerçekleştirilen kavurma işleminin duyuşal açıdan daha iyi sonuç verdiği ortaya konulmuştur. Koku ve lezzet açısından mikrodalga fırında kavurulmuş örnekler akışkan yatak kavurucuda kavurulmuş örneklerden daha yüksek puanlara sahip olmuştur ($P \leq 0.05$). Mikrodalga kavurma yönteminin hem hızlı hem de pratik bir yöntem olarak maş fasulyelerinin kavurulmasında uygun bir yöntem olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Kavurma işlemi maş fasulyelerinin antioksidan aktivitesinde 39.42 ± 0.14 düzeyine kadar artış sağlamıştır ($P \leq 0.05$).

Anahtar kelimeler: *Vigna radiata*, kafein, mikrodalga, akışkan yatak kavurucu, duyuşal

USE OF MUNG BEAN (*Vigna radiata*) FOR THE PRODUCTION OF CAFFEINE-FREE COFFEE-LIKE BEVERAGES

ABSTRACT

Containing the chemical components responsible for the aroma and flavor profile of the coffee bean after roasting, mung beans (*Vigna radiata*) have potential to be a caffeine-free coffee alternative. Mung beans were roasted at 130°C for 10, 20 and 30 min by a fluidized bed roaster and at 600 W for 8, 14 and 20 minutes by a microwave oven. The effects of roaster type and roasting degree on mung beans were investigated. Roasting at 130°C for 20 minutes and at 600 W for 14 minutes gave better results in terms of sensory properties. The microwave roasted samples had higher scores than fluidized bed roasted samples in terms of odor and flavor ($P \leq 0.05$). Microwave roasting method was found to be a suitable method for roasting mung beans as both quick and practical method. Roasting process increased the antioxidant activity of mung beans up to $39.42 \pm 0.14\%$ ($P \leq 0.05$).

Keywords: *Vigna radiata*, caffeine, microwave, fluidized bed roasting, sensory analysis

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ sibel.bolek@sbu.edu.tr,

☎ (+90) 216 418 9616

☎ (+90) 216 418 9620

Esra Alptekin; ORCID no: 0000-0001-7844-3555

Sibel Bölek; ORCID no: 0000-0003-4967-9416

GİRİŞ

Kahve Dünya'da en çok tüketilen içeceklerden biridir (Campos-Vega vd., 2015). Kahve tüketiminin her geçen gün daha da artması kafeinin olumsuz etkileriyle ilgili endişelerin üzerinde daha çok durulmasına neden olmuştur. Kafein (1, 3, 7-trimetilksantin) kahve çekirdekleri içerisinde doğal olarak bulunan bir alkaloiddir (Cano-Marquina vd., 2013). Öncelikle karaciğerde metabolize olan kafeinin neredeyse tamamı hızlı bir şekilde mide ve ince bağırsaktan emilerek beyin de dahil olmak üzere vücuttaki tüm dokulara dağılmaktadır (Crews vd., 2001). Kafeinin insan sağlığı üzerindeki başlıca olumsuz etkileri uykusuzluk, sinirlilik, irritabilite, diürez, aritmi, taşikardi, baş ağrısı, solunumun artması ve sindirim sorunlarıyla karakterizedir (Oğuz ve Erdoğan, 2016). Kafein anne sütüne, fetusa ve plesanta yoluyla da amniyotik sıvıya geçebilmektedir (Maughan ve Griffin, 2003). Kahvede bulunan kafein miktarı; kahvenin türüne, kavrulma derecesine ve kavurma yöntemine göre farklılık gösterebilmekle birlikte genellikle bir fincan (150 mL) kahve 60 ile 120 mg arasında kafein içermektedir (McCusker vd., 2003). Günlük tüketilen kafein miktarı 500-600 mg üzeri olduğunda ise ciddi sağlık riskleriyle karşı karşıya gelinebilmektedir (Bonita vd., 2007; Patil vd., 2011). Kafeinin söz konusu olumsuz etkilerini bertaraf edebilmek için birçok dekafeinizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Organik solventlerle dekafeinizasyon, su ile dekafeinizasyon ve mikrobiyal dekafeinizasyon bunlardan bazılarıdır. Söz konusu yöntemler sonucunda elde edilen kahve tamamen kafeinsiz olarak elde edilememesinin yanında işlem sırasında kahvenin renginde, tadında ve kokusunda birtakım farklılık oluşmaktadır (Ramalakshmi ve Raghavan, 1999). Bu durum kafeinin olumsuz etkilerinden korunmak isteyen bireylerin bitkisel kahve ikamelerine yönelmesine neden olmuştur. Diğer taraftan söz konusu bitkisel kahvelerin lezzet profili genellikle klasik kahve çekirdeğinin lezzet profilinden çok farklı olduğundan bu konudaki ihtiyaca cevap verememektedir.

Besleyici değeri yüksek baklagillerden olan Hindistan menşeli, yaygın olarak Asya, Afrika, Amerika ve Avustralya'da tüketilen, genellikle

yeşil veya sarı renkli olan Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) zengin bir diyet lif, protein ve fenolik madde kaynağıdır ayrıca yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Anwar vd., 20007). Bununla birlikte, maş fasulyeleri kavrulduktan sonra Arabica kahve çekirdeğinin aroma ve lezzet profilinden sorumlu olan kimyasal bileşenleri içermektedir (Attar vd., 2017; Lee ve Shibamoto, 2000) ve bu nedenle kafeinsiz bir kahve alternatifi olma potansiyeline sahiptir.

Kavurma işlemi kahvenin hazırlanmasındaki en önemli basamaklardan biridir, çünkü kahvenin kendine özgü karakteristik tat ve aroma maddelerinin oluşumu kavurma esnasında gerçekleşen maillard ve karamelizasyon gibi reaksiyonların sonucunda gerçekleşmektedir (Schenker vd., 2002). Bu nedenle ürüne uygun kavurma yöntemi ve kavurma koşullarının belirlenmesi de son derece önemlidir. Konveksiyonel yöntemle kavurma, tavada kavurma, mikrodalga kavurma, ultra hızlı kavurma ve akışkan yatak kavurma yöntemleri kahve kavurmada yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Konveksiyonel yöntemle kavurma işlemi yüksek sıcaklıkta uzun işlem süresi gerektirmektedir. Tavada kavurma işlemi yoğun iş gücü gerektirmesinin yanında genellikle homojen olmayan ve yüzeylerinde yanmış kısımlar içeren ürün oluşumuna sebebiyet vermektedir (Nebesny vd., 2007). Ultra hızlı kavurma işleminde ise karakteristik tat ve aroma maddeleri arzu edilen düzeyde oluşmamaktadır. Akışkan yatak kavurma işleminde hava akımı kullanılarak ürün askıda bırakılmakta ve kavurma esnasında ısınan yüzeylerle de temas olmadığından bu yöntem homojen kavrulmuş ürün eldesine olanak vermektedir. Diğer taraftan pratik bir yöntem olan mikrodalga kavurma işleminde gıdadaki su moleküllerinin titreşimiyle içten dışa doğru bir ısınma gerçekleşmektedir ve bu yöntemle kavurulmuş gıda maddesinin tat ve aroması da arzu edilen düzeyde olmaktadır (Nebesny ve Budryn, 2006).

Bu çalışmanın amacı maş fasulyelerini mikrodalga kavurma ve akışkan yatak kavurma teknikleri ile kavurarak elde edilecek kafeinsiz kahve alternatifi içeceğin kimyasal ve duyuşsal özelliklerini

kıyaslayarak son ürünün duyu ve besinsel açıdan daha iyi kalitede elde edilmesini sağlayan koşulları saptamaktır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Maş fasulyeleri Gaziantep'in Nizip ilçesindeki Gürbaşak köyünde bulunan yerel bir üreticiden satın alınmıştır ve analize alınmaya kadar -18 °C'de polietilen torbalarda muhafaza edilmiştir. Mikrodalga kavurma için eşit güç, akışkan yatak kavurucu için eşit sıcaklık yoğunluğu dağılımını sağlayabilmek için homojen büyüklükteki kalınlıkları ortalama 3.98 ± 0.2 mm; genişlikleri 3.98 ± 0.4 ve uzunlukları 5.49 ± 0.2 mm fasulyeler kullanılmıştır.

Maş Fasulyelerinin Kavrulması

Mikrodalga kavurma işlemi programlanabilir 2450 MHz mikrodalga frekansında çalışan ticari bir mikrodalga fırın (Siemens, HF12G540, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Maş fasulyeleri 600 W mikrodalga gücünde 8, 14 ve 20 dakika boyunca 1 dakika aralıklarla kavrulmuştur. Kavurma gücü ve süreleri ön denemelerle belirlenmiştir.

Akışkan yatak kavurma işlemi, bir akışkan yatak kavurucu (Retsch-TG 200, Almanya) kullanılarak 130°C sıcaklıkta 10, 20 ve 30 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir.

Her iki yöntem için de kavurma sıcaklık ve süreleri ön denemelerle belirlenmiştir.

Kavrulmuş Maş Fasulyelerinin Öğütülmesi

Kavrulmuş maş fasulyeleri bir öğütücü (Bühler, MLU-202, İsviçre) kullanılarak 150 µm boyutunda öğütülmüştür.

Kahve Benzeri İçeceklerin Hazırlanması

Kahve benzeri içecekler Seçilmiş vd. (2015) tarafından belirtilen standart Türk kahvesi hazırlama yöntemi ile hazırlanmıştır. Her bir fincan için öğütülüp kavrulmuş 5 g maş fasulyesi 60 mL su ile karıştırılarak bir kahve pişirme makinası (Arçelik K 3190 Telve, Türkiye) kullanılarak pişirilmiştir.

Kavrulmuş Maş Fasulyelerinin Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Kavrulmuş öğütülmüş maş fasulyelerinin L* (açıklık/koyuluk), a*(kırmızılık/yeşillik) ve b*(sarıklık/mavilik) değerleri bir renk ölçer (model CR-400, Konica Minolta Inc., Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar 3 tekrarin ortalaması olarak verilmiştir.

Maş Fasulyelerinin Nem Değerlerinin Belirlenmesi

Maş fasulyelerinin nem tayini, AOAC (2005) 930.15'te açıklanan prosedürlere göre gerçekleştirilmiştir. Hassas terazide 2 gr örnek tartılarak ve 100°C sıcaklıkta etüvde sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur.

Maş Fasulyelerinin Protein İçeriklerinin Belirlenmesi

Maş fasulyelerinin protein içerikleri AOAC (2005) 984.13'te açıklanan prosedürlere göre belirlenmiştir. Protein içeriklerinin hesaplanmasında formül 1 kullanılmıştır.

$$\% \text{Ham protein} \left(\frac{g}{kg} \right) = N \times 6.25 \quad (1)$$

Maş Fasulyelerinin Yağ İçeriklerinin Belirlenmesi

Maş fasulyelerinin yağ içerikleri AOAC (2005) 920.39'da belirtilen prosedürlere göre gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 5 g örnek etüvde 105°C'de yaklaşık 2 saat boyunca kurutulduktan sonra hassas terazi kullanılarak örneklerin ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra 6 saat boyunca 250 ml n-heksan ile soxhlet ünitesinde ekstrakte edilmiştir. Ham yağ içeriği formül 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{Ham yağ} = \frac{\text{Balondaki ağırlık (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (2)$$

Maş Fasulyelerinin Kül Oranlarının Belirlenmesi

Maş fasulyeleri, AOAC (2005) 968.08'te belirtilen prosedüre göre belirlenmiştir. 2 g numune hassas terazi de tartılmıştır. 580°C'de önceden ısıtılacak kül fırınına kontrollü bir şekilde numuneler yerleştirilip, 20 dakika boyunca yakılmıştır.

Desikatöre aktarıldıktan sonra soğutulup tartılmıştır. Kül içeriği formül 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kül} = \frac{\text{Kül ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3)$$

Maş Fasulyelerinin Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi

Maş fasulyelerinin antoksidan aktiviteleri Singleton vd. (1999) tarafından belirtilen yöntemle belirlenmiştir. Bu maksatla, 200 µL/mL konsantrasyonlarda hazırlanan standart çözeltilerden 1'er mL alınarak, 4 mL 0.1 mM 1-1 difenil 2 pikrilhidrazil (DPPH) çözeltisi ilave edilerek, karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Ardından spektrofotometrede 517 nm absorbans değerleri belirlenmiştir.

Maş Fasulyelerinde Toplam Fenolik Madde Tayini

Maş fasulyelerinin toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir (Singleton ve Rossi,1965). Ekstrakt (0.5) ml üzerine 2.5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi (0,2 N) ve 2 ml sodyum karbonat çözeltisi (75 g/L) ilave edilmiş, karanlık bir ortamda iki saat bekletme sonrasında 765 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Gallik asit standardı ile hazırlanan kalibrasyon kurvesinden yararlanılarak örneklerde bulunan toplam fenolik madde miktarı hesaplanmış ve mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE)/ 100 g cinsinden hesaplanmıştır.

Kavrulmuş Maş Fasulyelerinin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi

Kavrulmuş maş fasulyelerinin kırma kuvveti değerleri bir Tekstür analizörü (TA.XT plus Stable Micro Systems, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. Maş fasulyesi taneleri 6.30 mm çapında silindirik prob yardımıyla 25 kg'lık hücre yükü kullanılarak sıkıştırılmıştır. Test öncesi hız ve test hızı 1 mms⁻¹ olarak ayarlanmıştır.

Duyusal Analiz

Kahve benzeri içeceklerin duyusal analizi yaşları 20-50 arasında değişen 60 (38 kadın, 22 erkek) yarı-eğitilmiş panelist tarafından ISO 8586 (2012)'de belirtilen prosedüre göre

gerçekleştirilmiştir. İçeceklerin görünüş, koku ve lezzetleri 5 puanlı hedonik skala (1= Hiç beğenmedim, 2= Beğenmedim, 3= Ne beğendim ne beğenmedim, 4= Beğendim, 5= Çok beğendim) kullanılarak değerlendirilmiştir (Meilgaard, Civille ve Carr, 2016). Örnekler üç tekerrürlü olarak test edilmiştir. Her uygulamada panelistlere 6 örnek sunulmuştur. Örnek sunumları arasında ağızda oluşan kalıntı tadı gidermek için su kullanılmıştır (Bolek, 2020).

İstatistiksel Analiz

Örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($P \leq 0.05$) olup olmadığını bulabilmek için veriler "Varyans analizi" ve "Duncan çoklu karşılaştırma testi"ne göre değerlendirilmiş olup söz konusu istatistiksel analizler SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kavrulmuş Maş Fasulyelerinin Renk Değerleri

Kavrulmuş maş fasulyelerinin L*, a*, b* değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Her iki yöntemde de kavurma süresi arttıkça örneklerin L* ve b* değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüş gerçekleşmiştir. Akışkan yatak kavurucuda kavrulmuş örneklerin L* ve b* değerlerinin daha düşük olmasının nedeni enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının akışkan yatak kavurucuda mikrodalga fırına göre daha yoğun gerçekleşmesiyle açıklanabilir (Nagaraju vd., 2016). Kahve benzeri içecek elde etmek üzere menengiç tanelerinin kavruğu çalışmada menengiç tanelerinin kavurma ile renklerinde değişim incelenmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Bolek ve Ozdemir, 2017). Çam fıstıklarının kavruğu çalışmada da renk değerlerinde benzer şekilde değişim gözlenmiştir (Hojjati vd., 2015).

Maş Fasulyelerinin Kimyasal İçeriği

Maş fasulyelerinin kimyasal içerikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Her iki yöntemde de kavurma sıcaklığı ya da kavurma için kullanılan mikrodalga gücü ve süresi arttıkça maş fasulyelerinin nem değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüş gerçekleşmiştir ($P \leq 0.05$). Söz konusu düşüş kavurma esnasında gerçekleşen

dehidrasyon ile açıklanabilir. Fındıkların kavurulmasında mikrodalga ve infrared kavurmanın kombine olarak kullanıldığı çalışmada

da nem içeriği için benzer davranış gözlemlenmiştir (Uysal vd., 2009).

Çizelge 1. Kavurulmuş maş fasulyelerinin renk değerleri
Table 1. Color values of roasted mung beans

Kavurma sıcaklığı/ gücü ve süresi (dak) Roasting temperature/power and time (min)	L*	a*	b*
130 °C, 10	33.12±0.42 ^b	3.56±0.02 ^b	22.28±0.03 ^d
130 °C, 20	27.46±0.63 ^b	2.82±0.03 ^b	18.16±0.02 ^e
130 °C, 30	22.52±0.55 ^d	1.92±0.02 ^b	15.10±0.04 ^f
600 W, 8	35.62±0.22 ^a	5.21±0.04 ^a	32.14±0.04 ^a
600 W, 14	32.25±0.31 ^b	5.85±0.03 ^a	29.36±0.03 ^b
600 W, 20	29.22±0.18 ^c	6.21±0.01 ^a	27.28±0.03 ^c

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$). Tüm değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P \leq 0.05$). All values are the means of 3 repetition ($n=3$).

Çizelge 2. Maş fasulyelerinin kimyasal içerikleri
Table 2. Proximate composition of mung beans

Kavurma sıcaklığı/gücü ve süresi (dak) Roasting temperature/power and time (min)	Nem (%) Moisture (%)	Kül (%) Ash (%)	Protein (%) Protein (%)	Yağ (%) Fat (%)
Kavurulmamış Unroasted	0.52±0.02 ^a	2.93±0.01 ^a	23.10±0.05 ^a	1.90±0.02 ^a
130 °C, 10	0.45±0.02 ^c	2.92±0.02 ^a	21.08±0.03 ^b	1.92±0.01 ^a
130 °C, 20	0.40±0.01 ^d	2.90±0.03 ^a	19.16±0.02 ^c	1.93±0.03 ^a
130 °C, 30	0.36±0.02 ^e	2.90±0.02 ^a	18.24±0.04 ^d	1.95±0.03 ^a
600 W, 8	0.49±0.02 ^b	2.91±0.04 ^a	21.78±0.04 ^b	1.91±0.03 ^a
600 W, 14	0.46±0.01 ^{b,c}	2.91±0.03 ^a	20.36±0.03 ^{b,c}	1.92±0.03 ^a
600 W, 20	0.40±0.02 ^d	2.89±0.01 ^a	19.12±0.03 ^c	1.93±0.03 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$). Tüm değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P \leq 0.05$). All values are the means of 3 repetition ($n=3$).

Kavurma işlemi boyunca maş fasulyelerinin kül değerlerinde istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde azalma gerçekleşmiştir ($P > 0.05$). Kül miktarı için benzer sonuçlar kavurulmuş ve kavurulmamış defektif kahve çekirdeklerinin kimyasal içeriklerinin araştırıldığı çalışmada da elde edilmiştir (Oliveira, Franca, Mendonça ve Barros-Junior, 2006).

Kavurma işleminin etkisiyle maş fasulyelerinin protein içeriklerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma gerçekleşmiştir ($P \leq 0.05$). Söz konusu azalma proteinlerin ısı etkisiyle denaturasyonu ve kavurma esnasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu ile açıklanabilir (Parliment, 2000).

Kavurma işleminin etkisiyle maş fasulyelerinin yağ içeriklerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde olmayan artış gerçekleşmiştir ($P \leq 0.05$). Robusta kahve çekirdeklerinin kavrulduğu çalışmada kahve çekirdeklerinin yağ içeriğindeki değişim araştırılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Budryn vd., 2012). Bu sonuç, kavurmanın etkisiyle hücre çeperlerinin parçalanması sonucu içindeki yağların dışarı çıkması ve yağda çözünen bileşenlerin bir kısmının da yağa geçmesiyle açıklanabilir (Vasconcelos vd., 2007).

Maş Fasulyelerinin Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Maş fasulyelerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriklerindeki değişim Çizelge 3'te verilmiştir. Kavurma sıcaklığı/kavurma gücü ve

kavurma süresi arttıkça maş fasulyelerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış görülmüştür ($P \leq 0.05$). Kavurma süresince antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğindeki söz konusu artış kavurma esnasında sıcaklığın etkisiyle oluşan Maillard reaksiyon ürünleri gibi yeni antioksidatif maddelerin oluşmasıyla açıklanabilir Liu ve Kitts, 2011). Priftis vd., (2015) kavrulmuş ve kavrulmamış kahve çekirdeklerinin antioksidan aktivitelerini kıyasladıkları çalışmada kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidan aktivitelerinin kavrulmamış kahve çekirdeklerinin antioksidan aktivitelerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Çizelge 3. Maş fasulyelerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içerikleri

Table 3. Antioxidant activity and total phenolic content of mung beans

Kavurma sıcaklığı/ gücü ve süresi (dak) <i>Roasting temperature/power and time (min)</i>	Antioksidan aktivite (% inhibisyon) <i>Antioxidant activity (inhibition %)</i>	Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g) <i>Total phenolic content (mg GAE/100g)</i>
Kavurulmamış <i>Unroasted</i>	26.82±0.11 ^e	200.66±0.57 ^g
130 °C, 10	30.12±0.09 ^d	210.03±0.32 ^f
130 °C, 20	33.46±0.12 ^c	240.22±0.44 ^d
130 °C, 30	35.52±0.15 ^b	265.41±0.52 ^b
600 W, 8	33.32 ±0.22 ^c	230.26±0.24 ^e
600 W, 14	35.80±0.18 ^b	252.36±0.13 ^c
600 W, 20	39.42±0.14 ^a	285.13±0.21 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$). Tüm değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P \leq 0.05$). All values are the means of 3 repetition ($n=3$).

Kavurulmuş Maş Fasulyelerinin Tekstürel Özellikleri

Tekstürel değişiklikler kavurma derecesini gösteren bir indikatör olarak önceki çalışmalarda kahve çekirdeklerinde (Pittia vd., 2001), menengiç tanelerinde (Bolek ve Ozdemir 2017) ve yer fıstıklarında (Cea vd., 2015) kullanılmıştır. Kavurulmuş maş fasulyelerinin tekstür analiz cihazı ile belirlenen sertlik ve kırılmalık değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Kavurma sıcaklığı/kavurma gücü ve kavurma süresi arttıkça maş fasulyelerinin sertlik ve kırılmalık değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma gerçekleşmiştir (P

≤ 0.05). Bu sonuç, kavurma derecesi arttıkça uzaklaşan su nedeniyle ayrıca çekirdek hacminin ve gözenekliliğinin sıcaklığın etkisiyle artmasından kaynaklı olarak maş fasulyelerinin daha kırılmalık bir hale gelmesiyle açıklanabilir. Bu nedenle koyu kavurulmuş maş fasulyelerinin sertlik değeri açık kavurulmuş maş fasulyelerinin sertlik değerinden daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde yapılan çalışmalarda kavurma derecesi arttıkça kahve çekirdeklerini (Pittia vd., 2007) ve çam fıstıklarının (Shakerardekani vd., 2010) da sertlik değerlerinde azalma görülmüştür.

Çizelge 4. Kavrulmuş maş fasulyelerinin sertlik ve kırılabilirlik değerleri
 Table 4. Hardness and fracturability values of roasted mung beans

Kavurma sıcaklığı/ gücü ve süresi (dak) Roasting temperature/power and time (min)	Sertlik (N) Hardness (N)	Kırılabilirlik (N) Fracturability (N)
130 °C, 10	65.12±0.19 ^b	30.03±0.32 ^b
130 °C, 20	43.46±0.42 ^d	24.22±0.44 ^d
130 °C, 30	29.52±0.55 ^f	22.41±0.52 ^e
600 W, 8	73.32 ±0.32 ^a	35.26±0.24 ^a
600 W, 14	55.80±0.48 ^c	29.36±0.13 ^b
600 W, 20	36.42±0.64 ^e	26.13±0.21 ^c

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$). Tüm değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P \leq 0.05$). All values are the means of 3 repetition ($n=3$).

Kavrulmuş Maş Fasulyelerinden Elde edilmiş Kahve Benzeri İçeceklerin Duyusal Analizi

Kavrulmuş maş fasulyelerinin duyusal kabul edilebilirlik sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Her iki kavurma yöntemi için de orta kavrulmuş maş

fasulyesi tanelerinden elde edilen kahve benzeri içecekler, açık ve koyu kavrulmuş olanlardan daha yüksek puanlar almıştır.

Çizelge 5. Kahve benzeri içeceklerin duyusal analizi
 Table 5. Sensory analysis of coffee-like beverages

Kavurma sıcaklığı/ gücü ve süresi (dak) Roasting temperature/power and time (min)	Görünüş Appearance	Koku Odor	Lezzet Flavor	Genel İzlenim Overall impression
130 °C, 10	2.45±0.32 ^c	2.02±0.12 ^c	1.78±0.03 ^d	1.92±0.01 ^c
130 °C, 20	4.10±0.21 ^a	4.02±0.23 ^b	3.86±0.02 ^b	4.05±0.03 ^b
130 °C, 30	3.36±0.42 ^b	2.90±0.22 ^d	2.24±0.04 ^c	2.95±0.03 ^d
600 W, 8	2.80±0.22 ^c	2.91±0.44 ^d	2.78±0.04 ^c	2.91±0.03 ^d
600 W, 14	4.46±0.31 ^a	4.91±0.33 ^a	4.36±0.03 ^a	4.92±0.03 ^a
600 W, 20	3.50±0.12 ^b	3.89±0.21 ^c	3.12±0.03 ^b	3.93±0.03 ^c

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$). Tüm değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ($P \leq 0.05$). All values are the means of 3 repetition ($n=3$).

Görünüş açısından benzer kavurma derecesine sahip örnekler için kavurma yöntemindeki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). Koku ve lezzet için duyusal panelden alınan puanlar incelendiğinde 600W mikrodalga gücünde 14 dakika boyunca kavrulmuş maş fasulyesi tanelerinden elde edilen kahve benzeri içeceklerin duyusal panelden en yüksek puanları aldığı görülmektedir. Koku ve lezzet açısından

mikrodalga fırında kavrulmuş örnekler akışkan yatak kavurucuda kavrulmuş örneklerden daha yüksek puanlara sahip olmuştur ($P \leq 0.05$). Bu sonuç akışkan yatak kavurucuda kavurma işleminin hava akımı vasıtasıyla gerçekleşmesinden kaynaklı olarak aromayı oluşturan uçucu bileşenlerin kısmi olarak kaybı ile açıklanabilir. Hojjati vd. (2015) yaptıkları çalışmada benzer şekilde mikrodalga kavrulmuş

çan fıstıklarının lezzeti için duyuşal panelden alınan puanların sıcak hava akımında kavrulmuş çan fıstıkları için alınan puanlardan daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Genel izlenim açasından mikrodalga fırında kavrulmuş maş fasulyesi tanelerinden elde edilen kahve benzeri içecekler akışkan yatak kavurucuda kavrulmuş olanlardan daha yüksek puana sahip olmuştur ($P \leq 0.05$). Orta kavrulmuş maş fasulyesi tanelerinden elde edilen kahve benzeri içecekler de açık ve koyu kavrulmuş olanlardan daha yüksek puanlara sahip olmuştur ($P \leq 0.05$).

SONUÇ

Bu çalışmada kavrulduktan sonra kahvenin kendine özgü aroma bileşenlerini içeren maş fasulyelerinden kafeinsiz kahve alternatifi içecek üretme olanakları araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları kavurma işleminin son ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerinde son derece önemli olduğunu ve arzu edilen karakteristiklere sahip ürün eldesi için hem kavurucu tipinin hem kavurma derecesinin uygun şekilde belirlenmesinin gerekli olduğunu ortaya koymuştur. Maş fasulyeleri için orta kavurma derecesinin açık ve koyu kavurmaya göre daha iyi sonuç verdiği ortaya konulmuştur. Duyusal analiz sonuçları mikrodalga kavurmanın maş fasulyelerinin duyuşal özelliklerini korumada daha etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Akışkan yatak kavurma işleminin homojen kavurmanın sağlanması için son derece etkili bir yöntem olduğu ortaya koyulmuştur. Çalışmanın sonuçları maş fasulyelerinin kafeinsiz kahve alternatifi sağlıklı bir içecek olma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Mikrodalga kavurma yönteminin hem hızlı hem de pratik bir yöntem olarak maş fasulyelerinin kavurulmasında başarıyla kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

ÇIKAR ATISMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, diğer kişilerin ve kurumların arasında bir çıkar atışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Sibel Bölek makale konusunu araştırdı ve tasarladı. Esra Alptekin deneysel çalışmaları gerçekleştirdi ve makalenin taslağını oluşturdu.

Tüm yazarlar makalenin yazımına katkıda bulundu, son halini okudu ve onayladı.

KAYNAKLAR

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, In: 18th Edition, Washington DC, the USA.

Anwar, F., Latif, S., Przybylski, R., Sultana, B., Ashraf, M. (2007). Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. *J Food Sci*, 72(7): 503-510, doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00462.x.

Attar, U., Hinge, V., Zanan, R., Adhav, R., Nadaf, A. (2017). Identification of aroma volatiles and understanding 2-acetyl-1-pyrroline biosynthetic mechanism in aromatic mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Physiol Mol Biol Plants*, 23(2): 443-451, doi: 10.1007/s12298-017-0414-2.

Bolek, S. (2020). Olive stone powder: A potential source of fiber and antioxidant and its effect on the rheological characteristics of biscuit dough and quality. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 64, 102423, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102423.

Bolek, S., Ozdemir, M. (2017). Optimization of roasting conditions of microwave roasted Pistacia terebinthus beans. *LWT-Food Sci Technol*, 86: 327-336, doi: 10.1016/j.lwt.2017.08.017.

Bonita, J. S., Mandarano, M., Shuta, D., Vinson, J. (2007). Coffee and cardiovascular disease: in vitro, cellular, animal, and human studies. *Pharmacol Res*, 55(3): 187-198, doi: 10.1016/j.phrs.2007.01.006.

Budryn, G., Nebesny, E., Źyzelewicz, D., Oracz, J., Miřkiewicz, K., Rosicka-Kaczmarek, J. (2012). Influence of roasting conditions on fatty acids and oxidative changes of Robusta coffee oil. *Eur J Lipid Sci Technol*, 114(9): 1052-1061, doi: 10.1002/ejlt.201100324.

Campos-Vega, R., Loarca-Pina, G., Vergara-Castaneda, H. A., Oomah, B. D. (2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends Food Sci Tech*, 45(1): 24-36, doi: 10.1016/j.tifs.2015.04.012.

Cea, T. R., Karwowski, J., Wang, C.Y., Winfrey, D.C. (2015). Processtoenhance flavor of roasted

- nuts and products with modified texture. U.S. Patent 9,078,467.
- Crews, H. M., Olivier IV, L., Wilson, L. A. (2001). Urinary biomarkers for assessing dietary exposure to caffeine. *Food Addit Contam*, 18(12): 1075-1087, doi: 10.1080/02652030110056630.
- del Castillo, M. D., Ames, J. M., Gordon, M. H. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Agric Food Chem*, 50(13): 3698-3703, doi: 10.1021/jf011702q.
- Hojjati, M., Noguera-Artiaga, L., Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, A. A. (2015). Effects of microwave roasting on physicochemical properties of pistachios (*Pistaciavera L.*). *Food Sci Biotechnol*, 24, 1995-2001, doi: 10.1007/s10068-015-0263-0.
- ISO (2012). Sensory analysis- General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. www.iso.ch/8586 (Accessed: 30 June 2020).
- Lee, K. G., Shibamoto, T. (2000). Antioxidant properties of aroma compounds isolated from soybeans and mung beans. *J Agric Food Chem*, 48(9): 4290-4293, doi: 10.1021/jf000442u.
- Liu, Y., Kitts, D. D. (2011). Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. *Food Res Int*, 44(8): 2418-2424, doi: 10.1016/j.foodres.2010.12.037.
- Maughan, R. J., Griffin, J. (2003). Caffeine ingestion and fluid balance: a review. *J Hum Nutr Diet*, 16(6): 411-420, doi: 10.1046/j.1365-277X.2003.00477.x.
- McCusker, R. R., Goldberger, B. A., Cone, E. J. (2003). Caffeine content of specialty coffees. *J anal toxicol*, 27(7): 520-522, doi: 10.1093/jat/27.7.520.
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., Carr, B.T. (2016). *Sensory evaluation techniques* (5th ed.). Boca Raton, FL: CRC press. ISBN: 13:978-1-4822-1691-2.
- Nagaraju, V. D., Ramalakshmi, K., Sridhar, B. S. (2016). Cryo assisted spouted bed roasting of coffee beans. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 37, 138-144, doi: 10.1016/j.ifset.2016.08.016.
- Nebesny, E., Budryn, G. (2006). Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. *Eur Food Res Technol*, 224(2): 159-165, doi: 10.1007/s00217-006-0308-y.
- Nebesny, E., Budryn, G., Kula, J., Majda, T. (2007). The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. *Eur Food Res Technol*, 225(1): 9-19, doi: 0.1007/s00217-006-0375-0.
- Oğuz, S., Erdoğan, Z. (2016). Kahve Tüketiminin Kalp Sağlığı Üzerine Etkisi. *J Cardiovasc Nurs*, 7(14): 136-139.
- Oliveira, L. S., Franca, A. S., Mendonça, J. C., Barros-Junior, M. C. (2006). Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. *LWT-Food Sci Technol*, 39(3), 235-239, doi: 10.1016/j.lwt.2005.01.011.
- Parliment T. H., (2000). *An Overview of Coffee Roasting*, In: T. H. Parliment, C. T. Ho, P. Schieberle, Editors, Caffeinated Beverages, ACS Symposium Series. ISBN: 9780841236547.
- Patil, H., Lavie, C. J., O'Keefe, J. H. (2011). Cuppa Joe: Friend or Foe?: Effects of Chronic Coffee Consumption on Cardiovascular and Brain Health. *Mo med*, 108(6): 431.
- Pittia, P., Dalla Rosa, M., Lericci, C. R. (2001). Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. *LWT-Food Sci Technol*, 34: 168-175, doi: 10.1006/fstl.2000.0749.
- Pittia, P., Nicoli, M. C., Sacchetti, G. (2007). Effect of moisture and wateractivity on textural properties of raw and roasted coffee beans. *J Texture Stud*, 38: 116-134, doi: 10.1111/j.1745-4603.2007.00089.x.
- Priftis, A., Stagos, D., Konstantinopoulos, K., Tsitsimpikou, C., Spandidos, D. A., Tsatsakis, A. M., Tzatzarakis M. N., Kouretas, D. (2015). Comparison of antioxidant activity between green and roasted coffee beans using molecular methods. *Mol med rep*, 12(5): 7293-7302, doi: 0.3892/mmr.2015.4377.

- Ramalakshmi, K., Raghavan, B. (1999). Caffeine in coffee: its removal. Why and how?. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 39(5): 441-456, doi: 10.1080/104086999127923.
- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, M., Pompizzi, R., Perren, R., Escher, R. (2002). Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *J Food Sci*, 67(1): 60-66, doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11359.x.
- Shakerardekani, A., Karim, R., Mohd, G. H., Chin, N. L. (2011). Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and colour of pistachio kernels. *Int Food Res J*, 18: 704-710, doi: 10.2139/ssrn.1799189.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 299: 152-178, doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16(3): 144-158.
- Uysal, N., Sumnu, G., Sahin, S. (2009). Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. *J Food Eng*, 90(2): 255-261, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.029.
- Vasconcelos, A. L. S., Franca, A. S., Gloria, M. B. A., Mendonça, J. C. (2007). A comparative study of chemical attributes and levels of amines in defective green and roasted coffee beans. *Food Chem*, 101(1): 26-32, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.12.049.



GLUTOMATİK 4+2 SİSTEMİ İLE GLUTEN İNDEKS PARAMETRESİNE YENİ BİR BAKIŞ*

Çağla Özer^{1**}, Salim Sezgin Ünal²

¹İstinye Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul, Türkiye
²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Geliş / Received: 22.09.2020; Kabul / Accepted: 26.11.2020; Online baskı / Published online: 01.12.2020

Özer, Ç., Ünal S.S. (2020). Glutomatik 4+2 sistemi ile gluten indeks parametresine yeni bir bakış, GIDA (2020) 45(6) 1237-1247 doi: 10.15237/gida.GD20110

Özer, Ç., Ünal S.S. (2020). A new prospect to gluten index parameter with Glutomatic 4+2. GIDA (2020) 45(6) 1237-1247 doi: 10.15237/gida.GD20110

ÖZ

Buğday ve unlardaki toplam protein içindeki gluten fraksiyonu esas olarak hamurun reolojik ve teknolojik özelliklerinden sorumlu olup üzerinde çok geniş araştırmalar yapılmıştır. Glutenin elle ya da yarı otomatik aletler yardımıyla analizine yönelik uluslararası standartlar geliştirilmiş ve 1988 yılında elde edilen glutenin santrifüj kuvvetine tabi tutulmasıyla elekte kalan yaş özün ağırlık olarak yüzdesini ifaden gluten indeks değeri kalitenin belirlenmesinde önemli bir veri oluşturmuştur. Bu derlemenin amacı; glutenin nitel ve nicelik olarak kalitesini bir bütün olarak ele almak ve aynı zamanda Glutomatik Sisteminde 20 saniyelik standart yoğurma süresi uzatılarak 40 ve 60 saniye süre uygulaması olarak tanımlanan Glutomatik 4+2 sistemi ile gluten kalitesindeki değişimleri farklı un çeşitleri için elde edilen Gluten Performans Grafikleri ile yorumlanmasını açıklamaktır.

Anahtar kelimeler: Gluten, gluten indeks, Glutomatik, Glutomatik 4+2

A NEW PROSPECT TO GLUTEN INDEX PARAMETER WITH GLUTOMATIC 4+2

ABSTRACT

Extensive research has been carried out on the gluten fraction in the total protein in wheat and flours, which is mainly responsible for the rheological and technological properties of dough. International standards for the analysis of gluten with the help of manual or semi-automatic instruments have been developed, and the gluten index value, which expresses the percentage of gluten by weight, which is obtained by subjecting the gluten to the centrifuge force, has formed an important data in determining the quality in 1988. The purpose of this review is to summarize the qualitative and quantitative quality of gluten with a holistic approach and to explicate the changes in gluten quality using Gluten Performance Graphics obtained from different flours types with the system defined as Glutomatic 4+2 which is defined as the application of extending the standard kneading time of 20 seconds to 40 and 60 seconds in the Glutomatic System.

Keywords: Gluten, gluten index, Glutomatic, Glutomatic 4+2

* Bu çalışma, Çağla ÖZER'in ait doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

**Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: cozer@istinye.edu.tr

☎: (+90) 850 283 600

☎: (+90) 212 481 36 88

Çağla Özer; ORCID no: 0000-0001-8471-8607

GİRİŞ

Son yıllarda özellikle tüketicilerin de bilinçlenmesi, un ve unlu mamuller teknolojisi ve endüstrisinin gün geçtikçe gelişmesi, belirli kalite ve nitelikte olan buğdaylara gereksinimi arttırmıştır (Gül vd., 2020). Buğdayda kalite, özel bir amaç için kullanılmaya yarayışlılık derecesi olarak tanımlanabilir. Buğdayda kaliteyi belirlemek amacıyla yapılan fiziksel, kimyasal ve teknolojik kalite analizleri bir bütün olarak değerlendirilerek buğdayın hangi amaca yönelik olarak kullanılabilceği belirlenmektedir. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ekmek, bisküvi, kek, yufka, baklava ve kadayıf yapımı gibi birçok farklı unlu mamuller grubunda geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. Bu ürünlerde kullanılacak özel amaçlı unların kalitesinin belirlenmesinde hamurun reolojik niteliklerinin önemi olduğundan son yıllarda un fabrikalarında hamur reolojisine dayalı analiz yöntemlerinden alveograf, farinograf, miksograf, ekstensograf gibi test cihazları güvenilir sonuçlar veren, uluslararası olarak da onaylanmış analizler olarak bilinmektedir (Güçbilmez vd., 2019). Sektörde yaygın olarak farinograf, ekstensograf ikilisi ile değerlendirme yapılmakta, daha az olmak koşuluyla alveograf, alveo-konsistograf, miksolab ve miksograf gibi cihazlar da kullanılmaktadır (Bilgiçli ve Soylu, 2016; Bressiani vd., 2019). Bu cihazlarla su absorpsiyonu, enerji değeri, yoğrulmaya karşı tolerans, stabilite ve yumuşama değeri gibi, gluten kalitesi ve pişirme özelliklerinin tahminlenmesini mümkün kılan parametreler vermekte ancak bu yöntemler fazla miktarda örnek gerektirmesi ve uzun zaman alan analizler olması dolayısıyla bazı dezavantajlara da sahiptir (Karaduman vd., 2015). Özellikle buğday yetiştiriciliğinde daha az miktarda örnekle çalışılması gerekliliği ile 1981 yılında Kieffer tarafından geliştirilen mikro ölçekli reolojik denemelerde gluten özellikleri ile ilgili bilgiler Kieffer kurveleri ile değerlendirilebilmektedir. Ancak tekrarlanabilirlik, analiz süresi anlamında optimum konsistenste hamur oluştuktan sonra 22°C'de 15 dakikalık dinlendirme süresi ve 3.3 mm/sn'lik hızda uzatma ve gluten için ise gluten nişasta ayrımının santrifüj (3060xg, 10 dak, 22°C) ile yapılarak 22°C'de 30 dakikalık dinlendirme süresi şeklinde revize edilmesiyle kurvelerin

değerlendirilmesi tavsiye edilmektedir (Scherf ve Koehler, 2018).

Un kalitesinin belirlenmesinde kullanılan farklı kimyasal, fiziksel ve reolojik analizler yanında gluten miktar ve kalitesinin de yüksek bulunması ekmek yapımında istenilen bir özellik olup kullanılacak diğer mamuller için unun arzu edilen özellikleri taşıması beklenmektedir (Johansson vd. 2018; Sönmez ve Olgun, 2019). Ancak son ürünün işleme ve kalitesindeki farklılıkları tek başına protein miktarındaki farklılıklarla açıklamak mümkün olmamakta, protein kalitesinin de aynı derecede önemli olduğu bilinmektedir. Son yıllarda buğdayın reolojik özelliklerine ait verilerin Glutopik endeksleri arasındaki korelasyon, temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis, PCA), kısmi korelasyon, biplot gibi bilgisayar yazılımları ile yapılabilmekte ve reolojik özelliklerin çok değişkenli doğası hakkında değerlendirme yapmaya imkân tanıdığı bildirilmektedir. Glutopik tekniği (GlutoPeak test, GPT) Brabender (Almanya) tarafından geliştirilen bir yöntem olup glutenin kümeleşme özelliklerini baz alan 8 g örnek ile 7 dakikada sonuç veren karıştırılma esnasında oluşan gluten ağı ve bu ağın parçalanması ile çizilen Glutopik diyagramının cihazın yazılımında hesaplanması ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi gluten kalitesi hakkında bilgi veren hızlı, hassas, az örnek gerektiren ve analiz koşullarının kontrol edilebildiği bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Bouachra vd., 2017; Karaduman ve Savaşlı 2018; Malegori vd., 2018; Şahin vd., 2020).

Bu derlemede; gluten oluşumu, nitel ve nicelik olarak kalitesinin belirlenmesindeki önem bir bütün olarak ele alınmakta, bu amaçla geliştirilen Glutomatik Sisteminin prensipleri ve elde edilen parametrelerin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar sunulmuştur. Aynı zamanda 20 saniyelik standart yoğurma süresi ve bu süre uzatılarak 40 ve 60 saniye süre uygulaması ile Glutomatik 4+2 olarak tanımlanan sistem ile elde edilen parametrelerdeki değişimler çizilen Gluten Performans Grafikleri yardımıyla farklı un çeşitleri bazında açıklanmaktadır.

GLUTEN ve GLUTOMATİK SİSTEMİ

Tahıl depo proteinleri, prolaminler ve gluteninler olmak üzere başlıca iki gruptan oluşmakta olup; prolaminler buğdayda gliadin, çavdarda sekalin, arpada hordein ve yulafta avenin olarak bilinen su veya tuzlu suda çözünmez niteliğe sahip, monomerik gliadinler ve polimerik gluteninler olmak üzere tanede hemen hemen eşit oranlarda ve toplam proteinin yaklaşık %80'ini kaplayan iki fraksiyondan oluşmaktadır (Özcan vd., 2020). Gliadin molekül ağırlığı 28bin-55bin Da arasında değişen, alkolde çözünen ve hamurun akışkanlığından ve uzama kabiliyetinden sorumlu olan ve akışkan bir sıvı gibi davranan, glutenin ise molekül ağırlığı 500bin-10milyon Da arasında değişen, alkolde çözünmeyen ve hamurun kuvvetinden ve elastikiyetinden sorumlu olan, yapışkan ve elastik bir katı gibi davranan fraksiyonlardır (Lindeque, 2016). Gluten kelime anlamı olarak Latince kökenli olup yapıstırıcı anlamına gelen "glu" sözcüğünden türemiş olup aynı zamanda ısıya dayanıklı olma özelliği, lezzet verici ve nem tutma özelliklerinden dolayı fırın ürünlerinde dokunun gelişmesini sağlamak için bir bağlayıcı element ve jelleşme ajanı olarak da kullanılmaktadır (Biesiekierski, 2017; Dedeoğlu, 2020). Gluten yani yaş öz, kuru madde esasına göre %75-86 oranında protein içermekte ve yapısında bulunan aminoasitlerin %35'i hidrofobik yan zincirlere sahip olduğu için gluten proteinleri arasındaki hidrofobik ilişkileri arttırarak hamurun pişme ve reolojik özelliklerinde önemli bir rol oynamasını sağlamaktadır (Yıldız, 2019). Her buğday unu, depo proteinlerini viskoelastik bir ağ halinde düzenleyebilmesine rağmen, özellikleri genotip ve çevresel koşullara (üretim şartları, toprak ve hava koşulları) göre büyük ölçüde farklılık göstermekte, buğdayın yetiştiği çevre faktörlerinden, çeşitten ve aynı çeşitte bile farklı coğrafyalarda yetişmesinden kaynaklanan farklılıklar bulunmaktadır (Garrido-Lestache vd., 2004; Martí vd., 2015). Gliadin fraksiyonu çevreden etkilenmeyen özellik taşımakta bu nedenle çeşitlerin sınıflandırılmasında kullanılan elektroforezdeki hareketlerine göre isimlendirilen α , β , γ ve ω gruplarına ayrılarak incelendiğinde ve her çeşide ait, her çeşidi temsil eden yüksek moleküllü gliadin proteinleri farklı oluşumlar meydana

getirmektedirler. Dolayısıyla bu farklılıklara dayanarak çeşitlerin aynı güvenirli yapılmış olup α , β , γ ve ω gruplarının referans çeşide göre farklılıkları esas alan gliadin bant değerleri bitkide kalite kaynağı olarak önem arz etmekle birlikte çeşitlerin sınıflandırılmasında, başka bir deyişle benzerlik/farklılıklarının ortaya çıkarılmasında güvenirli kullanılan bir yöntemdir (Olgun vd, 2019).

Buğday proteini içinde suda çözünmeyen ancak su ile birleştiğinde ve mekanik yoğurmanın da etkisiyle birbirleriyle birleşme kabiliyetinde olan ve yapı değiştiren gluten molekülü kompleks bir karışımdır. Buğday unlarının ekmek ve diğer fırın ürünlerine işlenmesi sırasında tüm viskoelastik özelliklerinden sorumlu olduğu (McGee, 2004), gliadin ve glutenin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlar ile birleşerek, hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen ve hamur içerisinde yarı sürekli bir faz oluşturarak viskoelastik ve kohezif yapıdaki gluten ağını meydana getirmektedir (Çıbık, 2017). Hamurun yoğurulmasıyla gluteni oluşturan gliadin fraksiyonu plastik özellik yani akışkanlık özelliğini arttıran ve böylece uzama kabiliyetini arttıran bir özellik verirken yoğurma süresinin kısılmasına etki etmekte, glutenin fraksiyonu ise hamurun kuvvetinden ve elastikiyetinden sorumlu olmakta dolayısıyla gliadin/glutenin oranı önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Barak vd., 2015).

Gluten miktarının elle veya yarı otomatik aletler yardımıyla analizine yönelik uluslararası standartlar geliştirilmiştir. Elle yıkamada 25 g un örneğinden elde edilen hamur oda sıcaklığındaki suda 20-60 dakika bekletildikten sonra akan çeşme suyunun altında yıkanarak 1 saat tekrar su içinde bekletilir ve elde iyice kurutularak tartım yapılır (Balamurugan vd. 2018).

Elde gluten yıkandığında kişisel faktörlerin sonuçlardaki değişikliklere neden olduğu, buna karşın mekanik olarak yapılan yıkamanın zamandan tasarruf sağladığı, daha az emek olması, az örnek miktarı gerektirmesi, hızlı sonuç vermesi, kişisel hatalardan etkilenmemesi, sonuçların öznelikten uzak olması, genotipler arasındaki

viskoelastik özellikleri iyi yansıtması gibi avantajları nedeniyle tercih edildiği ve makine ile yıkanan gluten miktarının elde yikanandan daha düşük olduğu bildirilmektedir (Cesevičienė ve Butkutė, 2012; Volkova ve Lyskova, 2018). Dolayısıyla manuel ya da yarı otomatik cihazlarla sonuçlar her zaman aynı paralellikte çıkmayabilmektedir. Yarı otomatik sistem olan Glutomatik Sistemi ilk olarak 1969 yılında 5. Dünya Tahıl ve Ekmek Kongresi'nde sunulmuştur (McDonald, 1994).

Aynı gluten içeriğine sahip unlar, esas olarak gluten kalitelerindeki farklılık nedeniyle işleme sırasında veya son ürünün istenen özelliklerine göre farklı özellikler gösterir. Bu nedenle sadece gluten miktarının değil, kalitesinin de belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır (Perten, 1988). 1988'de Harald Perten, Glutomatik cihazından elde edilen gluteni merkezkaç kuvvetine maruz bırakarak yeni bir kavram geliştirmiş ve bu metodun İsviçre'de gerçekleştirilen Hububat 88 Kongresi'nde ve 1988 yılında San Diego'da 73.AACC International (American Association of Cereal Chemists) kongresinde gluten kalitesini belirlemek için kullanılabileceğini açıklamıştır.

Bu yönteme göre elde edilen gluten, 22 mm çapında 600 mikron delikli özel bir kartuşa konularak 1 dakika boyunca merkezkaç kuvvetine (2000 xg) tabi tutulmakta ve kartuştaki elek üzerinde kalan kalıntının toplam gluten miktarına oranının yüzde olarak ifadesi Gluten İndeks olarak tanımlanmakta ve elde edilen bu indeks açığa çıkan yaş glutenin kalitesini belirlemek için kullanılan bir parametre olarak kabul edilmektedir. Santrifüjleme sırasında, gluten kalitesine bağlı olarak, elekten az veya çok geçişi söz konusudur. Gluten çok zayıf olduğunda glutenin tamamı elekten geçerek gluten indeksi 0'a yakın, kuvvetli olduğunda elekten geçen kısım daha az ve gluten indeksi 100'e yakın bulunduğu açıklanmıştır (Perten, 1989; Perten vd., 1992; Arslan, 2018). Gluten indeksi metodu, buğday kırmasın ve unlardaki protein miktar ve kalitesinin aynı anda belirlenebilmesini sağlayan avantajlı bir durum da oluşturmasından bahsedilmektedir. Gluten miktarının unun ekmeklik kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilebileceğini ve %27-32 arasındaki değerlerin kabul edilebilir olduğunu

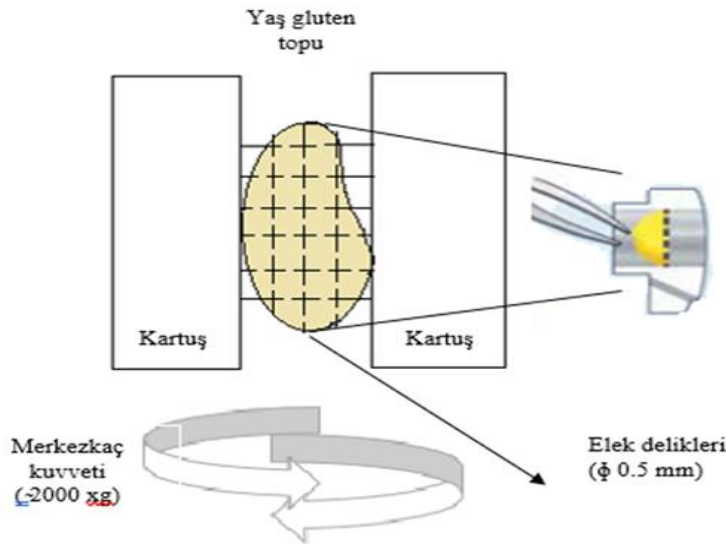
bunun altındaki ve üzerindeki değerlerdeki unların ekmek kalitelerinin olumsuz etkilenebileceğini, gluten indeksi değerinin ise proteininin kalitesinin tespitinde etkin biçimde kullanılacağını bu değere göre zayıf (50'den düşük), orta (51-70 arası), kuvvetli (71-85 arası) ve çok kuvvetli (86-100) olarak sınıflandırılabilceğini ve en az 60 olması gerektiği, yüksek kaliteli glutene sahip unların gluten indekslerinin 100'e yakın bir değerde olması gerektiği vurgulanmaktadır (Kaplan Evlice vd., 2016; Uslu, 2016; Gökçen, 2019; Mansoor vd., 2019; Yılmaz ve Meral, 2019). Kuruöz olarak belirlenen değer ise gluten kurutulurken buharlaşan suyu nedeniyle glutenin yaklaşık olarak 1/3'ü kadar olmakta glutenin Glutork cihazında 150°C'de 4 dakika tutulmasıyla elde edilmektedir (Dhaka ve Khatkar 2015; Bayram, 2016). Arslan (2019) tarafından yapılan çalışmada süne (*Eurygaster spp.*) hasarı görmüş buğday ve unlarında standart gluten indeksi yöntemine ek olarak enzimatik gluten indeksi yöntemi geliştirilmiş olup bu yöntemde kullanılan eleğin göz genişliği 112-118 µ ve %2'lik tuz çözeltisi 37°C ve yıkama bitiminde yine aynı sıcaklıkta tutulan yıkama suyu içinde 5 dakika bekletilip santrifüje tabi tutulması şeklinde revize edilebileceği önerilmektedir. Standart gluten indeksi yönteminden ayıran fark; yıkama suyu sıcaklığının 24°C yerine kendi yıkama suyunun içerisinde mevcut enzimin çalışabilmesi için 37°C'de kalacak şekilde ısıtılması ve bekletilme süresi ile elek göz genişliğinin farklı olmasıdır. Son yıllarda ülkemizde de yaygınlaşan Glutograf Brabender (Glutograph-E, Brabender GmbH ve Co. Duisburg, Almanya) ise gluten elde edildikten sonra gerilme ve gevşeme değerlerini belirlemek için geliştirilen reometre cihazı da kullanılan bir diğer yöntemdir (Fernandez, 2016). Elde edilen değerler stretch-gerilme (s) değeri hamurun uzamasının, relaxation-gevşeme (BU) değeri ise hamurun elastikiyetini göstermekte olup gluten kuvveti ve kalitesinin artışı ile birlikte gevşeme değerinde azalış görülürken gerilme değerinde artış saptandığı bildirilmektedir (Kılıç ve ark., 2019). Gluten kalitesinin değerlendirildiği Kaushik vd. (2015) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise gluten yıkandıktan sonra gluten verimi (gluten miktarıx100/un miktarı) hesaplanmış bu değer protein kalitesinin ve

pişme kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir.

ICC (International Association for Cereal Science and Technology) tarafından 1990 yılında farklı ülkelerdeki laboratuvarlarda ve *Triticum aestivum* buğdayları ve unları için yapılan çalışmalar neticesinde yöntemin Glutomatik Sisteminin kabul edilebilirliği istatistiksel olarak belirlenmiş ve ICC Standard No: 155 (ICC, 1994), AACC Method No: 38-12.02 (AACC, 1991) olarak geçerli kılınmıştır. Cubadda vd. (1992), 1992-94 yılları arasında, gluten indeksi yönteminin makarnalık buğday ve irmiğin gluten kalitesine uygunluğunu bir dizi laboratuvarlar arası çalışma ile inceledikleri çalışmalarında, gluten indeksinin *Triticum durum* ve irmiklerinde hızlı, etkili ve mükemmel bir yöntem olduğu açıklanarak ICC Standart No: 158 (ICC, 1995) kabul edilmiştir.

Günümüzde kullanılan Glutomatik Sistemi (glutomatik, santrifüj, glutork) Perten Instruments (Huddinge, İsveç) tarafından geliştirilmiş olup gluten miktarından bağımsız olarak gluten kalitesinin ölçümü için farklı ülkelerde kullanılan önemli bir laboratuvar cihazıdır (Perten, 1990). Sistem; yıkama ünitesi (Glutomatik 2200), santrifüj (Santrifüj 2015),

kurutucu (Glutork 2020)'dan oluşmuş olup standart glutomatik metodunda 10 ± 0.01 g örnek Glutomatik ünitesindeki 88 μ polyester eleğin takılı olduğu yıkama çemberine konup 4.8 ml %2'lik NaCl çözeltisi ile 20 saniye yoğurulduktan sonra aynı çözelti ile 50-56 ml/dak hızda 5 dakika boyunca yıkanması ile gluten miktarı bulunmaktadır. Mis (2000)'den derlenen Şekil 1'de gösterildiği gibi özel kartuşu ile 1 dakika 2000 xg santrifüje tabi tutularak elekten geçmeyen kısmın yüzdesi ise gluten indeks değerini vermektedir. Mis (2000) dönme hızının ve yarıçapının sabit olduğu durumda merkezkaç kuvvetinin yaş gluten topunun ağırlığı ile orantılı olduğunu vurgulamakta ve ne yazık ki gluten indeks değerinin yıkamanın etkinliğine bağlı olduğunu belirtmektedir. Hesaplama da gluten miktarı (toplam gluten miktarı (g)/10(g)*100), Gluten indeks (GI) (kartuştan geçmeyen kısım-gluten rezidü/gluten miktarı*100), gluten rezidü (GR) (kartuştan geçmeyen kısım) (kuru gluten (kuru gluten ağırlığı(g)/10 (g)*100, su tutma kapasitesi ise gluten ve kuru gluten arasındaki farktır ve GRxGI değerinin kombinasyonu pişirme kalitesinin ve özellikle hacmin hızlı bir göstergesi olarak kullanılabilirliği belirtilmektedir (Lu, 2017).

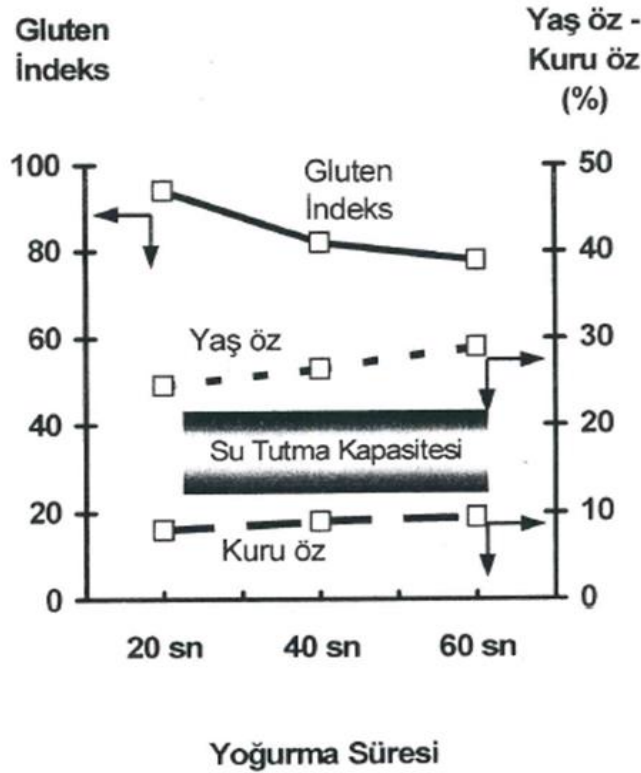


Şekil 1. Perten Instrument tarafından geliştirilen glutomatik sisteminde bulunan santrifüj kartuşunun iç yapısı

GLUTOMATİK 4+2 SİSTEMİ

Standart Glutomatik metodu sonuçlarının tekrarlanabilirliğini ve birbiriyle karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla standart işleme koşullarında gerçekleştirilmektedir. Metotta 20 saniye olan standart yoğurma süresi 40 ve 60 saniyeye uzatılarak elde edilen dört parametrede (Gluten miktarı, Gluten İndeks değeri, Kuru öz miktarı, Glutenin su tutma kapasitesi) meydana gelen değişimleri incelemek uzayan yoğurma süresinde ve işleme koşullarında gluten kalitesindeki değişiklikleri daha ayrıntılı

değerlendirilebilmek mümkün olmaktadır. Bu sistem ile analizi yapılan örneğin Gluten Performans Grafiği (Şekil 2) çizilerek bu grafik üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Şekil 2’de verilen grafikte X ekseninde yoğurma süresi (20 sn, 40 sn, 60 sn), soldaki Y ekseninde gluten indeks skalası, sağdaki Y ekseninde gluten (yaş öz) ve kuru gluten (kuru öz) skalası bulunmaktadır (Perten ve Nilsson, 1995; Özer, 2000). Böylece buğday ve unun son ürün kalitesinin hızlıca tahminlenebileceği yeni bir kavram ortaya konmuştur.



Şekil 2. Gluten Performans Grafiği (Özer, 2000)

FAKLI UN ÇEŞİTLERİNDE GLUTOMATİK 4+2 ÖZELLİKLERİ Ekmeklik unlar

Gluten miktarı ve kalitesi, hamurun teknolojik özellikleri ile son ürün kalitesini belirlediğinden ekmek yapımında ele alınan kalite kriterlerinin başında gelmektedir (Tayyar ve Kahrıman, 2016). Ekmeklik unlarda gluten indeks değeri yoğurma süresine bağlı olarak değişmeyip başlangıçtaki değeriyle hemen hemen aynı kalmaktadır. Ancak

nadir de olsa bazı ekmeklik unlar 60 saniye yoğurma süresinde gluten kalitesinde %50'ye yakın aşırı zayıflama bu unların ekmek yapımında tek başına kullanılması durumunda uzun süre işlemeyle kalitesinin bozulabileceğine işaret etmektedir (Özer, 2000). Birçok ülkede yapılan araştırmalar sonucunda ekmeklik unların gluten indeksi genel olarak 60-90 arasında değişmektedir. Bu değer 95'ten fazla olması unun optimum ekmek yapımı için fazla kuvvetli, 40'ın altında ise

ekmek yapımı için uygun olmadığı kabul edilmektedir (Perten, 1990).

Gluten indeks değerinin ekmeklik unlar için optimum değerlerden fazla olduğunda gluten kalitesinin kuvvetinden dolayı ekmeğin sıkı özellik gösterip kabarmadığı ve ekmek hacminin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir (Özer, 2000).

Glutomatik 4+2 sisteminde başlangıçtaki gluten indeks değeri çok yüksekse ve yoğurma süresinin attırılması ile bu değer yeterli bir seviyeye düşüyorsa, özellikle ekmek yapımında hamurun yoğrulma süresinin artırılmasıyla hamur kalitesi iyileştirilebilmektedir. Artan yoğurma süresinde gluten indekste değişiklik olmamasının kesin bir stabiliteyi gösterdiği ve gluten indeksteki düşüşün az olmasının ekmek yapımı sırasında hamurun yoğurma toleransının daha yüksek olması anlamına gelmektedir. Yoğurma süresi arttırıldığında yaş özün su tutma kapasitesinde gözlenen artış dikkate alınarak Glutomatik 4+2 sistemi ile glutene maksimum suyun bağlanabilmesi için gerekli yoğurma süresinin tahminlenebileceği bildirilmektedir. Ancak yoğurma süresindeki artışın gluten kalitesini ve dolayısıyla hamuru zayıflatması da optimum sürenin belirlenmesinde dikkate alınması gereken en önemli konudur (Özer, 2000).

Kadayıflık unlar

Kadayıflık unların düşük gluten miktarı (ortalama %20.2) ve zayıf gluten kalitesi (ortalama 74) uzun süre yoğurma işleminde glutenin parçalanmasına ve 40 ve 60 saniyelik yoğurma sürelerinde birçok örnekte sonuç elde edilememesine neden olmaktadır. Düşük yaş öz miktarı ancak gluten indeks 85'ten yüksek olduğunda 40 saniye yoğurma sonucunda yaş öz yıkanabilmekte, 60 saniye yoğurma ile yıkama yapılamamaktadır. Yaş öz miktarı belli bir değere kadar düşük olsa bile kalitesinin yüksek olmasının yaş özün yıkanmasını etkilediği sonucuna varmak mümkündür. Su tutma kapasitesi ortalama %14 civarında diğer özel amaçlı unlar içinde en düşük kadayıflık unlarda olup kullanılacak buğday çeşidi, özellikle protein miktar ve kalitesi düşük yumuşak buğdaylar sınıfı içerisinde yer alması son ürün kalitesi için önemlidir (Özer, 2000).

Çok amaçlı (paket) unlar

Paket un gluten miktarı %19.2-34.2 arasında ortalama %25, gluten indeks değerleri 62-100 arasında ortalama 81 olup genel olarak değerlendirildiğinde yoğurma süresi uzadıkça yaş öz, kuru öz ve su tutma kapasitelerinde artış, gluten indekste azalma gözlenmektedir. Standart yoğurma süresinde aynı yaş öz miktarına sahip unların yoğurma süresi uzadıkça yaş öz miktarının artması ancak gluten indeksin azalması gluten indeks değerlerinin gluten özellikleri ne bağlı olduğu ve yaş öz miktarından etkilenmediği sonucuna varılmaktadır (Özer, 2000).

Yufkalık ve Baklavalık unlar

Baklavalık ve yufkalık unlar standart yoğurma süresi olan 20 saniyede ortalama olarak sırasıyla %28.9 ve %28.4 le benzer yaş öz ve 89.2 ve 90 ile benzer gluten indeks değerlerine sahipken, uzun süre yoğurma ile un kalitelerine bağlı olarak farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle yufkalık unlarda 60 saniye yoğurulma sonucunda yaş öz miktarındaki artış baklavalık unlara göre daha yüksek olmakta buna karşın gluten indeks değerindeki azalma aynı kalmaktadır (Özer, 2000). Bu çeşit unlarda açmaya karşı direncin, büzülme ve geri toplanma özelliğinin olmaması bununla birlikte yoğurma toleransının yüksek olması amaçlanmalıdır. Uzayabilirlik özelliği fazla ve maksimum direncin daha az olduğu buğday çeşitleri kullanılmalıdır.

SONUÇ

Buğday ve unlarda kaliteyi bir amaca yararışlılık olarak tanımlıyoruz. Bu açıdan farklı fırın ürünleri yapımında kullanılan unun mutlaka belirli kalite kriterleri taşıması istenmektedir. Protein miktarı önemli bir kriter olsa da kalitesinin önemi un üreticileri açısından tamamlayıcı bir unsur olan gluten indeks değerinden de yararlanmaktadır. Glutomatik Sisteminde 20 saniye olan standart yoğurma süresinin 40 ve 60 saniye uygulanarak elde edilen 4 farklı parametre için çizilen Gluten Performans Grafikleri un ve buğday kırmasında kullanılan ileri bir analiz yöntemidir. Farklı amaçlar için kullanılan unların Gluten Performans Grafikleri karakteristiktir ve standart bir üretim için belirli bir dağılım içinde seyretmesi beklenmektedir. Yoğurma süresinin artışı ile

gluten miktarı aynı olan örneklerin gluten indeks, kuru öz ve su tutma kapasitelerinde farklılıklar olabildiği ve gluten kalitesi açısından daha stabil kalan örneklerin daha avantajlı işleme koşullarına sahip olduğu söylenebilir. Uzun süre yoğurulma ile glutenin su bağlama kapasitesi artırılabilir ancak hamurda belli bir zayıflamaya neden olduğu ve belirli gluten kalitesi sağlandıktan sonra ürünü işleyen işletmeler için yoğurma süresinin artırılabilirliği önerilebilir, aksi halde gluten zayıflayacak ve işleme kabiliyetini yitirecektir.

Gluten özelliklerini belirlemek için geliştirilen farklı yöntemler olsa da analizin hızı, maliyeti ve güvenilirliği düşünüldüğünde ve aynı zamanda yetiştiriciler, üreticiler ve işleyenler açısından da anlaşılır ve kolay uygulanabilir olması önemlidir. Glutomatik 4+2 sistemi hızlı, pratik ve az örnekle çalışabilme imkânı sunarken, analiz yapılan örnek sayısının fazla olduğu durumlarda bu kriterleri sağlamakta, uygulaması basit ancak elde edilen Gluten Performans Grafiklerinin yorumu tecrübe gerektiren bir analiz yöntemidir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Çağla Özer ve Sezgin Ünal, bu makaleyi birlikte planlamış, yazmış ve son halini onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

AACC (1991). AACC Standard Methods No:38-12.02 Wet Gluten and Gluten Index. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.

Arslan, E. Z. (2018). Unun kalite parametrelerinin yakın ve orta kızılötesi spektroskopisi kullanılarak tahmin edilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 164 s.

Arslan, H. İ. (2019). Buğdayda süne (*Eurygaster spp.*) zararının hızlı belirlenmesine yönelik gluten indeks yönteminin modifikasyonu. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Hatay, Türkiye, 39 s.

Balamurugan, V.S., Sivabalan, S., Thamizhselvan, I., (2018). Determination of gluten level on traditionally treated wheat, *International Journal of Research and Analytical Reviews* 5(3): 426-431.

Barak, S., Mudgil, D., Khatkar, B.S. (2015). Biochemical and functional properties of wheat gliadins: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55: 357-368, doi: 10.1080/10408398.2012.654863.

Bayram, M. E. (2016). Ekmeklik buğday genotiplerinde yüksek ve düşük molekül ağırlıklı glutenin allellerinin belirlenmesi, verim ve kaliteyle ilişkileri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 201 s.

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

Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten?. *J Gastroen Hepatol* 32: 78-81, doi: 10.1111/jgh.13703.

Bouachra S., Begemann J., Aarab L., Hüsken A. (2017). Prediction of bread wheat baking quality using an optimized GlutoPeak®-Test method. *J Cereal Sci* 76:8-16, doi: 10.1016/j.jcs.2017.05.006.

Bressiani, J., Oro, T., da Silva, P., Montenegro, F., Berlotin, T., Gutkoski, L., Gularte, M. (2019). Influence of milling whole wheat grains and particle size on thermo-mechanical properties of flour using Mixolab. *Czech J Food Sci* 37(4): 276-284, doi: 10.17221/239/2018-CJFS.

Cesevičienė, J., Butkutė, B. (2012). Comparison of gluten parameters when gluten is determined by the glutomatic and hand washing methods. In Proceedings 6th International Congress of Flour-Bread & 8th Croatian Congress of Cereal Technologists. Opatija, Croatia. 180-189 s.

Cubadda, R., Carcea, M., Pasqui, L.A. (1992). Suitability of the Gluten Index method for assessing gluten strength in durum wheat semolina. *Cereal Food World* 37: 866-869.

Çıbık, C. (2017). Yüksek ve düşük molekül ağırlıklı glutenin alt ünitelerinin ekmeklik buğdayın bazı kalitatif özelliklerine etkisi.

- Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Karaman, Türkiye, 68 s.
- Dedeoğlu, M. (2020). Glutensiz makarna üretim parametrelerinin optimizasyonu, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Karaman, Türkiye, 145 s.
- Dhaka, V., Khatkar, B.S. (2015). Effects of Gliadin/Glutenin and HMW-GS/LMW-GS Ratio on dough rheological properties and bread-making potential of wheat varieties, *J Food Quality* 38(2): 71-82, doi: 10.1111/jfq.12122.
- Fernandez, K. F. (2016). Glutograph'E': A simple rheometer to measure quality of cooked pasta, A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the North Dakota State University of Agriculture and Applied Sciences.
- Garrido-Lestache, E., López-Bellido, R.J., López-Bellido, L. (2004). Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Res* 85: 213–236, doi: 10.1016/S0378-4290(03)00167-9.
- Gökçen, M. Y. (2019). Farklı sıvı gübrelerin ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) verim ve kalite üzerine etkileri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 40 s.
- Güçbilmez Ç., M., Şahin, M., Akçacık, A., G., Aydoğan, S., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Gür, S., Yakışır, E. (2019). Evaluation of GlutoPeak test for prediction of bread wheat flour quality, rheological properties and baking performance. *J Cereal Sci* 90:1-9, doi: 10.1016/j.jcs.2019.102827.
- Gül, H., Kara, B., Acun, S., Türk Aslan, S. Öztürk, A. (2020). Türkiye'nin Göller Bölgesi'nde yetiştirilen buğday çeşitlerinin bazı kalite özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(3): 586–595, doi: 10.30910/turkjans.663641.
- ICC (1994). International Association of Cereal Science and Technology. ICC Standard No:155, Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. to Perten) of Whole Wheat Meal and Wheat Flour (*Triticum aestivum*).
- ICC, (1995). ICC Standart No:158, Determination of wet gluten quantity and gluten index of Tr.durum wheat and semolina.
- Johansson, E., Kukkaite, R., Markgren, J., Rasheed, F. (2018). Gluten proteins and their structure-function relationships. LACC IGW 13th International Gluten Workshop, 14-17 Mart 2018, Mexico City, Meksika, 142 s.
- Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Külen S., Keçeli, A., Şanal T., Karaca, K., Salantur, A., (2016). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinde ekmek hacmi ve bazı kalite parametreleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 25 (Özel sayı-1): 12-18, doi: 10.21566/tarbitderg.279719.
- Karaduman, Y., Akın, A., Türkölmez, S. Tunca, Z. Ş. (2015). Ekmeklik buğday ıslah programlarında gluten kalitesinin değerlendirilmesi için glutopik parametrelerinin kullanılabilirliğinin araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 24 (1): 65-74.
- Karaduman, Y., Savaşlı, E. (2018). Some practices using glutopeak tester: A High shear gluten quality evaluation method. LACC IGW 13th International Gluten Workshop, 14-17 Mart 2018, Mexico City, Meksika, 142 s.
- Kaushik, R., Kumar, N., Sihag, M. K., Ray, A. (2015). Isolation, characterization of wet gluten and its regeneration properties. *J Food Sci Technol* 52(9): 5930-5937. doi: 10.1007/s13197-014-1690-2.
- Kılıç, H., Aktaş, H., Kendal, E., Bayram, Y. (2019). Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin süneye (*Eurygaster integriceps* Put.) mukavemet bakımından değerlendirilmesi. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 8(1): 715-723.
- Lindeque, R. C. (2016). Protein quality vs. quantity in South African commercial bread wheat cultivars, Doctoral dissertation, University of the Free State.
- Lu, Y. (2017). Using Gluten Index to improve spring wheat loaf volume prediction. Master of Science Thesis, South Dakota University, 130 p.

- Malegori, C., Grassi, S., Ohm, J., Anderson, J., Marti, A. (2018). GlutoPeak profile analysis for wheat classification: skipping the refinement process. *J Cereal Sci* 79: 73-79, doi: 10.1016/j.jcs.2017.09.005.
- Mansoor, R., Ali, T. M., Arif, S., Moin, A., Hasnain, A. (2019). Effects of barley flour on dough rheology, texture, sensory and glycemic index of traditional unleavened flat bread (Roti). *Cereal Chem* 96(6): 1170-1179, doi: 10.1002/cche.10228.
- Marti, A., Ulrici, A., Foca, G., Quaglia, L., Pagani, M. A. (2015). Characterization of common wheat flours (*Triticum aestivum* L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices. *LWT-Food Sci Technol* 64(1): 95-103, doi: 10.1016/j.lwt.2015.05.029.
- McDonald, C.E. (1994). Collaborative study on wet gluten and gluten index determinations for wheat flour or meal. *Cereal Food World* 39(5): 403-405.
- McGee, H. (2004). *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner Publishing, New York, USA. 884 s. ISBN-13: 978-0684800011.
- Mis, A. (2000). Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the glutomatic method (a laboratory note), *Int. Agrophysics* 14: 263-267.
- Olgun, M., Budak Başçiftçi, Z., Ayter Arpacıoğlu, G., Katarı D., Aydın, D. (2019). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde kalite özelliklerinin belirlenmesi. *International J Applied Biology and Environ Sci* 1(2):5-11.
- Özcan, A., Azar, İ., Yavuz, A. Yavaş, H., Tokat, E., Çetin, V. (2020). Glüten analizinde HPLC, LC-MS/MS yöntemlerinin ELISA ile karşılaştırılması. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (24): 30-54.
- Özer, Ç. (2000). Bazı ıslah çeşidi ekmeklik buğdayların ve piyasada satılan Tıp 1 unların kalitelerinin belirlenmesinde kullanılan farklı metotların kıyaslanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İzmir, Türkiye, 176 s.
- Perten, H. (1988). A New Rapid Method for Measuring Wet Gluten Quality, Technical Report, Buhler Brothers Ltd., CH-9240, Uzwil, Switzerland.
- Perten, H. (1989). gluten index-a rapid method for measuring wet gluten characteristic. ICC 89 Symposium on Wheat End-Use Properties, June 13-15, Lahti, Finland, 411-423 s.
- Perten, H. (1990). Rapid Measurement of Wet Gluten Quality by the Gluten Index. *Cereal Food World*, 35(4), April 401-402.
- Perten, H., Bondesson, K. Mjörndal, A. (1992). Gluten Index Variations in Commercial Swedish Wheat Samples. *Cereal Food World* 37(8): 655-660.
- Perten, J., Nilsson, G. (1995). The Glutomatic System 4+2 for Evaluating Gluten at Different Dough Energy Input. AACC Annual Meeting, November 8, 1995. San Antonio, TX, USA.
- Scherf, K. A., Koehler, P. (2018). Optimization of micro-scale extension tests for wheat dough and wet gluten. *J Cereal Sci* 79: 477-485, doi: 10.1016/j.jcs.2017.12.008.
- Sönmez, A. C., Olgun, M. (2019). Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) ekim sıklığının tane iriliği ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 6(4): 729-736, doi: 10.30910/turkjans.633572.
- Şahin, M., Akçacık Göçmen, A., Aydoğan, S., Demir, B., Güçbilmez Mecitoğlu Ç., Hamzaoğlu, S., Gür, S., Yıldırım, T. (2020). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) genotiplerinin gluten kalitesinin glutopik cihazı ile değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 24(2): 151-164, doi: 10.29050/harranziraat.657208.
- Tayyar, Ş., Kahrıman, F. (2016). Biga şartlarında yetiştirilen tritikale genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Andan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(2): 23-31, doi: 10.25308/aduziraat.293416.
- Uslu, E. Ş. (2016). Zayıf unların ekmeklik kalitelerinin pelemir (*Cephalaria yriaca*) ekstraktı ilavesiyle geliştirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 80 s.

Volkova, L. V., Lyskova, I., V. (2018). Use of the Glutomatik system to assess the content and quality of gluten in the grain of spring soft wheat. *Юро-Восток*, 57-58.

Yıldız, E. (2019). Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevya kullanımı. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda

Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 89 s.

Yılmaz, M. S., Meral, R. (2019). Ekmeklik un kalite parametreleri arasındaki ilişkiler. *ADYUTAYAM* 7(1): 33-45.



KÖPÜK HELVA ÜRETİM PARAMETRELERİNİN RENK VE YOĞUNLUK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ: TAGUCHİ MATEMATİKSEL MODEL OPTİMİZASYONU

Mehmet Güldane^{1*}, Mahmut Doğan²

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu, Sakarya

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri

Geliş / Received: 08.07.2020; Kabul / Accepted: 09.11.2020; Online baskı / Published online: 01.12.2020

Güldane, M., Doğan, M. (2020). Köpük helva üretim parametrelerinin renk ve yoğunluk özelliklerine etkisi: taguchi matematiksel model optimizasyonu. GIDA (2020) 45(6) 1248-1260 doi: 10.15237/gida.GD20089

Güldane, M., Doğan, M. (2020). The effect of process parameters on color and density properties of foam halva: taguchi mathematical model optimization. GIDA (2020) 45(6) 1248-1260 doi: 10.15237/gida.GD20089

ÖZ

Bu çalışmada; kontrol parametrelerinin (protein çeşidi, hidrokolloid konsantrasyonu, hidrokolloid çeşidi ve çırpma sıcaklığı) model köpüklerin yoğunluklarına ve köpük helvaların renklerine etkileri Taguchi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. En düşük yoğunluk ve en yüksek L* değerleri için Sinyal/Gürültü oranları Taguchi L₁₆ deney tasarımı (4⁴) kullanılarak saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre; peynir altı suyu protein izolatı (%0.5), saponin (%0.096) ve pektin (%0.05) çözeltisinin 80 °C'de çırpılmasıyla elde edilen model köpüğün en iyi köpürebilen örnek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu örneğin yoğunluk yanıtı Sinyal/Gürültü oranının (13.98 dB) kontrolden (11.49 dB) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Peynir altı suyu protein izolatı (%0.5), saponin (%0.096) ve ksantan gam (%0.1) ile hazırlanan çözeltinin 40 °C'de çırpılmasıyla üretilen model köpük helva ve geleneksel yöntemle üretilen helvanın parlaklıkları arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmamıştır. Sonuç olarak; saponin içeriği azaltılmış, hedeflenen yoğunlukta ve renkte köpüklerin/köpük helvaların üretilebileceği Taguchi optimizasyon yöntemiyle belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Hidrokolloidler, köpürme, saponin, Sinyal/Gürültü oranı, süt proteinleri

THE EFFECT OF PROCESS PARAMETERS ON COLOR AND DENSITY PROPERTIES OF FOAM HALVA: TAGUCHI MATHEMATICAL MODEL OPTIMIZATION

ABSTRACT

In this study, effects of control parameters (protein type, hydrocolloid concentration, hydrocolloid type and mixing temperature) on density response of model foams and color response of model foam halvass. Signal/Noise ratio for the lowest density and the highest L* values were obtained using Taguchi L₁₆ experimental design (4⁴). As a result of the analysis, model foam obtained by mixing solution containing whey protein isolate (0.5%), saponin (0.096%) and pectin (0.05%) at 80°C was determined as the best foaming sample. For density response, Signal/Noise ratio of this sample (13.98 dB) was also detected higher than control (11.49 dB). There was no significant difference

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ mehmetguldane@subu.edu.tr

☎ (+90) 264 616 0800

☎ (+90) 264 616 0014

Mehmet Güldane; ORCID no: 0000-0001-7321-0496

Mahmut Doğan; ORCID no: 0000-0003-1639-4641

between the model foam halva produced by whipping the solution (whey protein isolate (0.5%), saponin (0.096%) and xanthan gum (0.1%)) at 40°C and traditional method. Consequently, it was determined that model foams/foam halvass with reduced saponin content and targeted density and color could be produced using Taguchi method.

Keywords: Hydrocolloids, foaming, saponin, Signal/Noise ratio, milk proteins

GİRİŞ

Sürekli bir sıvı faz içerisinde dağılmış halde bulunan değişik boyuttaki gaz baloncuklarının varlığı köpük adı verilen termodinamik olarak stabil olmayan sistemi açıklanmaktadır. Klasik anlamda köpükler; protein, saponin ya da sodyum dodesil sülfat gibi yüzey aktif özellik gösteren maddeleri içeren sıvı karışımların çırpılması veya püskürtülmesiyle elde edilmektedir (Campbell ve Mougeot, 1999; Foegeding vd., 2006; Lazidis vd., 2014). Çırpma veya köpükleştirme işlemiyle katı veya yarı katı matris içinde (sürekli faz) bir gaz fazın küçük baloncuklar şeklinde dağılması sağlanarak gıda materyaline havalandırılmış bir yapı kazandırılmaktadır.

Köpük sistemlerinin özellikleri yüzey aktif maddeye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Gıda sanayinde köpük elde etmek amacıyla en çok kullanılan arayüzey stabilizatörü proteinlerdir (Abascal ve Gracia-Fadrique, 2009; Lau ve Dickinson, 2005). Yumurta akı proteinleri en çok tercih edilen köpürtme elemanlarıdır. Son yıllarda, bu proteinlerin yerine kullanılabilir alternatif kaynaklarının belirlenmesine yönelik çalışmalar hızlanmıştır. Bu amaçla süt proteinlerinin geleneksel gıda ürünlerinden köpük helvada kullanılabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir.

Peynir endüstrisinde bir yan ürün olan peynir altı suyunun (PS) yapısında su, laktoz, protein, tuz ve süt yağı bulunmaktadır. Bu değerli atıklardan protein dışı unsurların çeşitli filtrasyon teknikleri (ultrafiltrasyon, diafiltrasyon, vb.) kullanılarak uzaklaştırılmasıyla ticari PS protein tozları üretilmektedir. Sıcaklığa duyarlı olan PS proteinlerinin köpürme özelliklerinden, bileşiminde en çok bulunan (>%50), β -laktoglobulinin (pI=4.7-5.1) sorumlu olduğu bildirilmiştir (Albano vd., 2019).

Asit kazeinin alkalide çözündürülmesiyle üretilen sodyum kazeinat (Na-KAZ), suda çözünebilmekte ve esnek yapısıyla hava/sıvı

yüzeylerde kolaylıkla konumlanabilmektedir. Asidik koşullarda ve/veya tuzların varlığında bu proteinin köpük özellikleri olumsuz etkilenmektedir (Abd El-Salam ve El-Shibiny, 2020).

Ülkemizde bazı gıda ürünlerinin köpürtülerek yapısına hava katılmasında çöven bitkisinden (*Gypsophila* spp.) elde edilen çöven suyu kullanılmaktadır. Çöven suyunun yapısında şekerler, reçineler ve saponin bulunmaktadır (Battal vd., 2003). Çöven suyunda çok fazla sayıda iyonik/iyonik olmayan saponin tespit edilmiştir (Ulaganathan vd., 2019). Saponinlerin hava/sıvı arayüzeyinde etkin olmasını sağlayan temel unsur hidrofobik ağıllık ve hidrofilik şeker gruplarını içermesidir (Böttcher vd., 2016). Saponinlerin en önemli özelliklerinden birisi sulu çözeltilerinde nisbeten stabil ve sabun benzeri köpük vermeleridir (Çelik vd., 2007).

Geleneksel tatlılarımızdan olan köpük helva üretiminde de çöven suyu kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda (>100 °C) belirli bir kıvama ulaşıncaya kadar kaynatılan şeker şurubu sitrik asit ilavesiyle asitlendirilmektedir. Vakum işlemi uygulanarak soğutulan şuruba çöven suyu ilave edilmektedir. Şeker şurubu/çöven suyu karışımı paletler kullanılarak karıştırılarak geleneksel köpük helva üretilmektedir (Sarıçoban ve Sarıkaya, 2004). Bu helvanın üretiminde çöven suyu ile birlikte yumurta akının da kullanıldığı bilinmektedir. Saponinler ve proteinler arasındaki etkileşimlerin proteinlerin ısı direncini artırdığı ve yüzey/arayüzey özelliklerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Guclu-Ustundag ve Mazza, 2007). Türk Gıda Kodeksi Tahin Helvası Tebliğine göre (Tebliğ No:2015/28); tahin helvasında %0.1'den çok saponin bulunmasına izin verilmemektedir (Anonim, 2015). Bunun nedeni, saponinin 70 kg ağırlığındaki bir yetişkinin vücuduna 0.7 gramdan fazla alınması durumunda toksik etkilerinin bulunmasıdır (Çam ve Topuz, 2018).

Yapısal olarak yüksek kalitede köpük üretiminde süt proteinlerinin kullanılabilmesi çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Fakat bu proteinler köpük eldeğinde tek başlarına kullanıldıklarında arzulanan özelliklerde köpük yapısı üretilmemektedir. Bundan dolayı, süt proteinlerinin hidrokolloidlerle birlikte kullanılması önerilmektedir (Narchi vd., 2009).

Suda çözündüğünde jel oluşturabilen veya düşük konsantrasyonlarda kıvamlı çözeltiler oluşturan yüksek molekül ağırlığındaki sakkaritler hidrokolloidler olarak sınıflandırılmaktadır. Çok fazla çeşidi olan zamlı yapıdaki maddelerden bitki ve mikrobiyal polisakkaritler ile bunların türevleri gıda sanayinde kullanılmaktadır (Sadahira vd., 2014). Gamlar, genel olarak, yüzey aktif özellikte olmadıklarından hava/su arayüzeyine konumlanma eğiliminde değildirler (Neves vd., 2018).

Protein ve iyonik polisakkaritlerin etkileşimde olduğu sıvı sistemlerde, bir proteinin izoelektrik noktasının (pI) çözelti pH'sından farklı olması biyopolimerler arasındaki etkileşimlerin derecesini belirlemektedir. Gıda proteinlerinin çoğu ($pI_{\text{protein}} \sim 5.0$) iyonik polisakkaritlerle ($pK_{a_{\text{polisakkarit}}} \sim 3.0$) her iki polimerin de zıt yüklü olduğu pH aralığında ($pI_{\text{protein}} < \text{pH} < pK_{a_{\text{polisakkarit}}}$) elektrostatik etkileşime girerek çözünür/çözünmez bileşikler oluşturmaktadırlar (Dickinson, 1998).

Genellikle nötr koşullara yakın pH değerlerinde (pH=6-7) yapılan çalışmalarda; peynir altı protein konsantresi (PASP-K) ve ksantan gam (protein:polisakkarit=(10-25):(0.05-0.15) (Martínez-Padilla vd., 2015), yumurta akı (%0.05) ve pektin/guar gam (protein:polisakkarit=5:(5;0.05;0.1)) (Ibanoglu ve Erçelebi, 2007), PASP-K ve ksantan gam/karragenan (protein:gam=4:1) (Liszka-Skoczylas vd., 2014), peynir altı suyu protein izolatu (PASP-İ) ve ksantan gam (protein:gam=20:1) (Narchi vd., 2009), polisakkaritlerin köpürmeyi engelleyerek/geciktirerek köpük yoğunluklarının artmasına neden oldukları belirlenmiştir. Tersine, pH=4'de yapılan çalışmalarda, β -laktoglobulin ve pektin

arasındaki elektrostatik etkileşimler sonucunda oluşan çözünür bileşenlerin köpük özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür (Ganzevles vd., 2006; Girard vd., 2003).

Taguchi tekniği, en az sayıda veriyle optimizasyon imkanı sağlayan eşsiz ve güçlü bir metottur. Bu yöntem kullanılarak deney tasarım maliyetleri azaltılmakta, kalite artırılmakta ve sağlam tasarım çözümleri sunulmaktadır (Ravanfar vd., 2015). Optimum koşulların tahminlenmesinde yararlanılan bu yöntem, hedeflenen üretim parametrelerini etkileyen zayıf unsurların da belirlenmesinde kullanılabilir (Mekonnen vd., 2015). Taguchi yönteminde güçlü bir tasarımda faydalanılan en önemli unsurlar Sinyal/Gürültü (S/N) oranı ve tasarım dizisidir. Deney tasarımı, ürün özelliklerini etkileyen faktörleri aynı deney şablonunda değerlendirirken; S/N oranı, ürün kalitesini bu faktörleri temel olarak ölçmektedir. Yüksek S/N oranı yüksek kaliteli ürünü temsil etmektedir (Roy, 2010).

Bu çalışmada; geleneksel yöntemle üretilen köpük helvadaki çöven suyu miktarının azaltılması ve süt proteini çeşitleri (peynir altı suyu protein konsantresi (PASP-K), peynir altı suyu protein izolatu (PASP-İ), sodyum kazeinat (Na-KAZ) ve demineralize peynir altı suyu proteinleri (D-PASP)), hidrokolloid konsantrasyonu (%0.05, %0.1, %0.15 ve %0.2), hidrokolloid çeşitleri (keçiboynuzu gam (KG), karragenan, pektin, ksantan gam) ve çırpma sıcaklığının (40 °C, 60 °C, 80 °C ve 100 °C) üretim faktörleri olarak kullanıldığı Taguchi optimizasyon yöntemiyle en düşük yoğunluktaki model köpük örneği ve en parlak renge sahip model köpük helvanın üretilmesi için gerekli proses faktör seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Ticari protein tozlarından PASP-K (%80 protein, %5.5 yağ, %14 laktoz, %4 mineral madde, %5 nem) ve PASP-İ (%92 protein, %1 yağ, %3 laktoz, %5 mineral madde, %5 nem) (Laktalis, Fransa), D-PASP (%7.9 protein, %0.67 yağ, %86 laktoz, %4.3 mineral madde, %1.47 nem) (Maybi, Türkiye) ve Na-KAZ (%86.5 protein, %2 yağ,

%0.3 laktoz, %4.5 mineral madde, %5.5 nem) (Alfasol, Türkiye)'den tedarik edilmiştir. Ticari çöven suyu (%6.4 saponin, %13 suda çözünür kuru madde, %9 mineral madde ve %87 nem), keçiyoynuzu gamı, karragenan, pektin, ksantan gam, sitrik asit ve sodyum karbonat (Tito, Türkiye)'den ve şeker (Torku A.Ş., Türkiye) yerel bir marketten temin edilmiştir. Kullanılan diğer kimyasallar analitik standartta olup Sigma (Sigma Chemical Company, MO, ABD) ve Merck (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

YÖNTEM

Protein ve hidrokolloid çözeltilerinin hazırlanması: PASP-K, PASP-İ ve D-PASP tozlarına distile su, Na-KAZ üzerine fosfat tamponu (pH 7.4) ilave edilerek manyetik karıştırıcıyla (Stuart, CC 162, İngiltere) 2 saat süresince 1500 rpm'de karıştırılarak %10'luk çözeltiler hazırlanmıştır. Bu çözeltiler, polimerlerin tamamen çözünmesi için bir gece boyunca buzdolabında +4 °C'de bekletilerek kullanılmadan önce oda sıcaklığına getirilmiştir (Shen vd., 2017).

Hidrokolloid çözeltileri (%1) uygun sıcaklıktaki distile su ilavesiyle 10 dakika 300 rpm'de ardından 200 rpm'de 2 saat süresince karıştırılmış ve tamamen çözünmeleri için oda koşullarında bekletilmiştir.

Şeker şurubunun hazırlanması: 2 kg toz şeker ve 500 ml distile su karıştırıldıktan sonra mikser (KM070, Kenwood, İngiltere) ile 30 dakika süresince ısıtılıp kaynatılarak asitlendirilmiş ve tamamen çözündürülerek °Briks değeri refraktometreyle (Reichert AR700, ABD) 85'e ayarlanmıştır. Şeker şurubu 60 °C'nin altına soğutulduktan sonra köpüklerin/köpük helvaların üretiminde kullanılmıştır.

Köpük helva üretiminde kullanılacak sıvı karışımın hazırlanması: Köpük model formülasyonunun belirlenmesinde köpük helva üretimi yapan bir firmadan (Çamlıca Helva, Kütahya) temin edilen üretim reçetesi kullanılmıştır. Üretimde kullanılacak şeker tipi, şeker briksi, çöven suyu miktarı, mikser başlığı ve

hızı, protein tipi ve miktarının seçilmesinde literatür verilerine dayanılarak yapılan ön deneme sonuçlarından yararlanılmıştır.

Beherin (250 ml, İsolab) içerisine Çizelge 2'ye göre sırasıyla çöven suyu (3 ml), %10'luk protein çözeltisi ve gerekli miktarda hidrokolloid ilave edilerek 15 dakika süresince manyetik karıştırıcıda (Stuart, CC 162, İngiltere) 200 rpm'de karışması sağlanmıştır. Toplam çözelti ağırlığı 200 gram oluncaya kadar şeker şurubu (<60 °C) ilave edilerek karıştırılmaya 10 dakika daha devam edilmiştir. Bu işlemde sonra sitrik asit (%5) kullanılarak karışımın pH değeri pH metre ile (WTW, İmolab, Almanya) 4'e, briks değeri refraktometre (Reichert AR700, ABD) ile 70'e ayarlanmıştır.

Kontrol örneğinin üretilmesinde sadece çöven suyu (6 ml) ve şeker şurubu (70 briks, pH 4) kullanılmıştır.

Köpük helvaların üretilmesi: Briks ve pH ayarlamaları tamamlanan sıvı karışımlar mikser kabına (6.7 L) aktarılmıştır. Bu çözeltiler, Çizelge 2'deki Taguchi tasarım verilerine uygun şekilde ısıtma kontrollü mikser (KM070, Kenwood, İngiltere) ile mikser ucu olarak "statik K mikser" kullanılarak ve çırpıcı hızı 158 rpm'e ayarlanarak 15 dakika süresince çırpılmıştır. Kontrol örneğinin üretilmesinde çırpma sıcaklığı 100 °C seçilmiştir. Süre sonunda örneklerin yoğunluk analizleri yapılarak, mikserin ısıtma fonksiyonu sonlandırılıp, çırpma işlemine devam edilmiştir. Köpüklerin yoğunlukları 0.5 g/cm³'e ulaştığında çırpma işlemi sonlandırılarak örneklerin renk (L*) değerleri belirlenmiştir.

Model köpüklerde yoğunluk özelliklerinin belirlenmesi: Çırpma işlemi sonlandırıldıktan hemen sonra çırpma aparatı dikkatlice kaldırılmış ve model köpük örnekleri plastik spatula ile ön tartımı alınmış belirli hacimdeki petri kabına (90mmx17mm, İsolab) doldurulmuştur. Petri kutusunun yüzeyi spatulayla seviyelendirilip tartımlar alınmıştır. Bu işlem toplamda iki dakikayla sınırlandırılmıştır. Örneklerin yoğunluk (Eşitlik 1) değerleri belirlenmiştir (Lau ve Dickinson, 2005; Martínez-Padilla vd., 2015).

$$\text{yoğunluk} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{x \text{ ml köpük ağırlığı}}{\text{silindirik kabın } x \text{ ml' sinin hacmi}} \quad (1)$$

Model köpük helvalarda renk özelliklerinin belirlenmesi: Model köpüklerin 0.5 g/cm^3 yoğunluk değerine ulaşmaya kadar çırpılmasıyla üretilen model köpük helvalar renk ölçüm cihazının (Konica Minolta CR-5, Japan) cam ölçü kabına plastik spatula ile baskı uygulamadan doldurulmuş ve kalibre edilmiş cihazda örneklerin L^* (açıklık-koyuluk) değerleri belirlenmiştir.

Deneyel tasarım: Bu çalışmada arzulan köpük özelliklerinin optimizasyonu amacıyla Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Model parametrelerinin belirlenmesinde aşağıdaki aşamalar uygulanmıştır (Roy, 2010).

1. Köpük helva üretiminde önemli kontrol parametreleri ve seviyeleri ile optimize edilmesi istenen unsurların (yanıtlar) belirlenmesi,
2. Uygun deney tasarımının belirlenerek analizlerin dizideki sıraya göre gerçekleştirilmesi,

3. Deneyel verilerin S/N oranı ve ANOVA testi kullanılarak analiz edilmesi,
4. Kontrol faktörlerinin en ideal seviyelerinin belirlenmesi,
5. Doğrulama deneyleri ile optimum seviyelerin kontrol edilmesi.

Köpük helvalarda, daha açık görünümdeki gıda köpükleri parlak renkleriyle tercih edilmektedir. Ayrıca, endüstriyel uygulamalarda yapısına daha fazla miktarda hava katabilme kabiliyetindeki köpükler istenmektedir.

Bu çalışmada; protein çeşidi, hidrokolloid konsantrasyonu, hidrokolloid çeşidi ve çırpma sıcaklığı kontrol faktörleri olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Her bir faktörün ürün özelliklerine etkisi dört farklı seviyede test edilmiştir. Faktör ve seviyelerin köpük özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla ikiye tekrarlı 32 deney yapılmıştır. Bu deneylerde L_{16} deney tasarımı kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Deneyel tasarım için kontrol faktörleri ve seviyeleri
Table 1. Control factors and levels for experimental design

Faktörler <i>Factors</i>	Sembol <i>Symbol</i>	Seviye 1 <i>Level 1</i>	Seviye 2 <i>Level 2</i>	Seviye 3 <i>Level 3</i>	Seviye 4 <i>Level 4</i>
Protein çeşidi <i>Protein type</i>	A	PASP-K <i>WPC</i>	PASP-İ <i>WPI</i>	Na- KAZ <i>Na-CAS</i>	D-PASP <i>D-WP</i>
Hidrokolloid konsantrasyonu(%) <i>Hydrocolloid concentration(%)</i>	B	0.05	0.1	0.15	0.20
Hidrokolloid çeşidi <i>Hydrocolloid type</i>	C	Keçiyoynuzu gamı (KG) <i>Locust bean gum (LBG)</i>	Karragenan <i>Carrageenan</i>	Pektin <i>Pectin</i>	Ksantan <i>Xanthan</i>
Çırpma sıcaklığı (°C) <i>Mixing temperature (°C)</i>	D	40	60	80	100

PASP-K= Peynir altı suyu protein konsantresi, PASP-İ= Peynir altı suyu protein izolatı, Na-KAZ= Sodyum kazeinat, D-PASP= Demineralize peynir altı suyu proteini
WPC= Whey protein concentrate, WPI= Whey protein isolate, Na-CAS= Sodium caseinate, D-WP= Demineralized whey powder

Çizelge 2. Model köpüklerde/köpük helvalarda yoğunluk ve renk yanıtları deney sonuçları ve S/N değerleri

Table 2. Experimental results and S/N values of density and colour responses in model foams/foam halvaa

Deney No Experiment No	Faktörler Factors				Yanıtlar Responses					
	A	B	C	D	Yoğunluk g/cm ³ Density g/cm ³	Yoğunluk g/cm ³ Density g/cm ³	S/N değerleri S/N values	Renk L* Colour L*	Renk L* Colour L*	S/N değerleri S/N values
1	1	1	1	1	0.23	0.25	12.32	91.43	91.41	39.22
2	1	2	2	2	0.27	0.24	11.83	91.41	91.41	39.21
3	1	3	3	3	0.23	0.22	12.97	91.41	91.41	39.21
4	1	4	4	4	0.37	0.36	8.79	91.37	91.37	39.21
5	2	1	2	3	0.21	0.23	13.07	91.48	91.47	39.22
6	2	2	1	4	0.26	0.24	11.97	91.45	91.44	39.22
7	2	3	4	1	0.30	0.27	10.94	91.31	91.29	39.20
8	2	4	3	2	0.26	0.23	12.20	91.41	91.41	39.21
9	3	1	3	4	0.38	0.40	8.09	90.90	90.89	39.17
10	3	2	4	3	0.38	0.40	8.12	91.39	91.40	39.21
11	3	3	1	2	0.66	0.66	3.58	90.76	90.85	39.16
12	3	4	2	1	0.86	0.86	1.31	91.54	91.35	39.22
13	4	1	4	2	0.92	0.91	0.78	89.04	89.35	39.00
14	4	2	3	1	0.89	0.89	1.00	89.30	89.35	39.01
15	4	3	2	4	0.69	0.69	3.21	88.34	88.36	38.92
16	4	4	1	3	0.67	0.67	3.44	88.14	88.15	38.90

Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde S/N oranları dikkate alınmıştır. Sinyal (S) hedeflenen nitelikleri temsil etmekte iken Gürültü (N) deney sonuçlarını olumsuz etkileyen unsurları göstermektedir. S/N oranı; “En büyük-en iyi”, “Nominal-en iyi” ve “En küçük-en iyi” olmak üzere üç kategoride değerlendirilmektedir (Roy, 2010). Model köpüklerin yoğunluklarının optimizasyonunda “En küçük-en iyi” (Eşitlik 3), model köpük helvaların renk özelliklerinin optimizasyonunda ise “En büyük-en iyi” (Eşitlik 2) kullanılmıştır.

“En büyük-en iyi”:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

“En küçük-en iyi”

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (3)$$

Burada; y_i deneylerden elde edilen verileri, n ise deney sırasını göstermektedir (Silva vd., 2014).

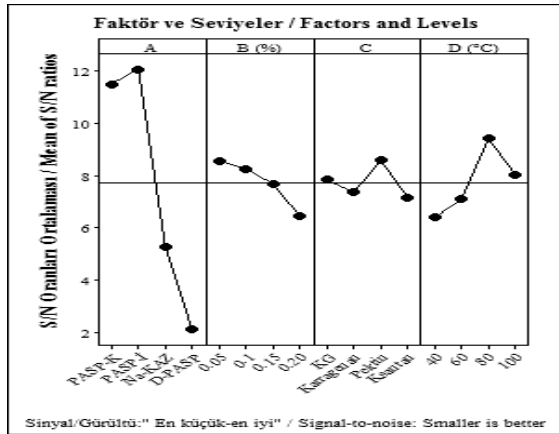
Model köpüklerin yoğunlukları ve model köpük helvaların renkleri üzerinde etkili olan faktörlerin katkı oranını belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) verilerinden yararlanılmıştır. Taguchi yöntemiyle üretim faktörlerinin yoğunluk ve renk yanıtları üzerine etki düzeyleri belirlenirken varyans analizi ile kontrol faktörlerinin optimize edilen özelliğe (yoğunluk ve renk) katkı oranları bulunmuştur (Özakın ve Kaya, 2020).

İstatistiksel analiz: Deneysel verilerin analizinde Minitab yazılımı (versiyon 19.0, ABD) kullanılmıştır. Model köpüklerin ve köpük helvaların üretiminde kontrol parametrelerinin yanıtlar üzerine etkileri varyans analizi (ANOVA) uygulanarak test edilmiştir. Optimum koşullarda üretilen köpük/köpük helva ile geleneksel yöntemle üretilen kontrol örneği yoğunluk ve renk yanıtları S/N oranları arasındaki istatistiki farkın saptanmasında Tukey testi kullanılmıştır. Veriler %95 güven aralığında değerlendirilmiştir.

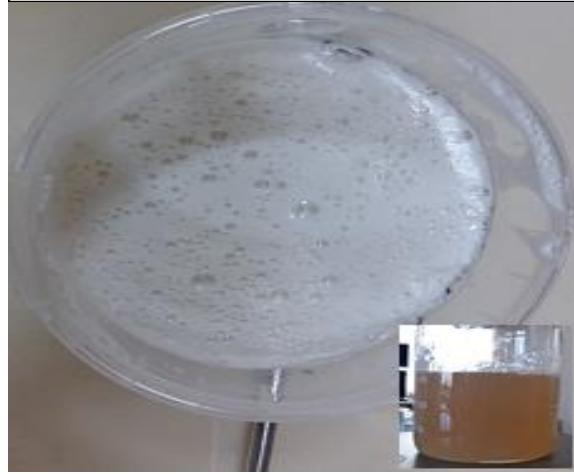
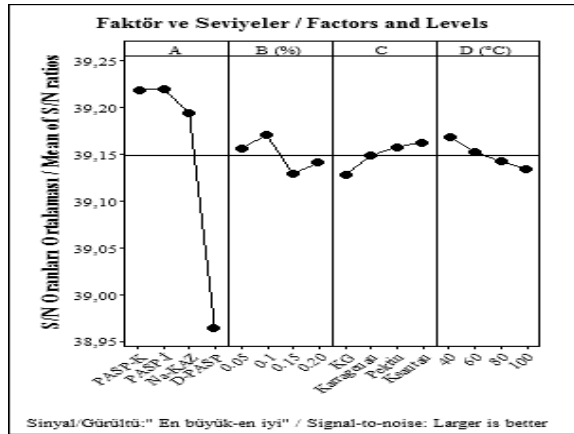
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Model köpüklerde yoğunluk yanıtının optimizasyonu: Model köpüklerin yoğunluk ölçüm sonuçları ve S/N değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Düşük yoğunluktaki köpüklerin hedeflendiği bu çalışmada yoğunluk yanıtına ait S/N oranlarının 0.78 dB ile 13.07 dB arasında değiştiği görülmektedir. Model köpüklerin yoğunluklarında en belirleyici faktörler protein çeşidi (A) ve çırpma sıcaklığı (D) olarak belirlenmiştir. Köpük formülasyonunda

kullanılan gam konsantrasyonunun (B) model ürünün yoğunluğuna etkisi en düşük bulunmuştur (Çizelge 3). Model köpüklerde en yüksek S/N değerine sahip faktör seviyeleri optimum seviye olarak kabul edilmektedir. %0.5 PASP-İ, %0.096 saponin ve %0.05 pektin içeren sıvı karışımın 80 °C’de 15 dakika çırpılması sonucunda en düşük yoğunluk değerine sahip köpük örneğinin üretilebileceği görülmektedir (A₂B₁C₃D₃) (Çizelge 3). Optimum koşullarda üretilen köpük örneğinin görüntüsü Şekil 1a’da verilmiştir.



a



b

Şekil 1a. Model köpüklerde yoğunluk yanıtı S/N oranı grafiği ve model köpük görüntüsü

Şekil 1b. Model köpük helvalarda renk yanıtı S/N oranları grafiği ve model köpük görüntüsü (A= Protein çeşidi, B (%)= Hidrokolloid konsantrasyonu, C= Hidrokolloid çeşidi, D (°C)= Çırpma sıcaklığı); PASP-K= Peynir altı suyu protein konsantresi, PASP-İ= Peynir altı suyu protein izolatı, Na-KAZ= Sodyum kazeinat, D-PASP= Demineralize peynir altı suyu, KG= Keçiyoynuzu gamı)

Figure 1a. S/N ratio graph for density responses in model foams and model foam image

Figure 1b. S/N ratio graph for colour responses in model foam halvas and model foam halva image

(A= Protein type, B (%)= Hydrocolloid concentration, C= Hydrocolloid type, D (°C)= Mixing temperature, PASP-K= Whey protein concentrate, PASP-İ= Whey protein isolate, Na-KAZ= Sodium caseinate, D-PASP= Demineralized whey, KG= Locust bean gum)

Çizelge 3. Model köpüklerde/köpük helvalarda yoğunluk ve renk yanıtları S/N oranları tablosu
 Table 3. S/N ratio table for density and colour responses in model foams/foam halvaa

Seviye Level	Yoğunluk Density				Renk Colour			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	11.48	8.56*	7.83	6.39	39.22	39.16	39.13	39.17*
2	12.05*	8.23	7.36	7.11	39.23*	39.17*	39.15	39.15
3	5.28	7.68	8.57*	9.41*	39,19	39.13	39.16*	39.14
4	2.11	6.44	7.16	8.02	38,96	39.14	39.17	39.13
Fark Delta	9.94	2.13	1.41	3.01	0.26	0.04	0.04	0,03
Sıra Rank	1	3	4	2	1	2	3	4

*Optimal seviyeler

*Optimal levels

Model köpüklerde yoğunluk yanıtı S/N oranı grafiği (Şekil 1a) incelendiğinde, PAsP-İ ve PAsP-K içeren köpüklerin onbeş dakika süresince yapılarına daha fazla hava katabildikleri belirlenmiştir. Model koşullarında, D-PAsP ve Na-KAZ proteinlerinin arayüzey aktivitelerinin daha zayıf olduğu söylenebilmektedir. Bu durumun; D-PAsP için protein içeriğinin (%7.4) diğer proteinlerden daha düşük olmasından, Na-KAZ (pI=4.6) açısından ise asidik koşullara duyarlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Na-KAZ'ın (%0.1) ortamdaki KG veya ksantan gamla etkileşmesi neticesinde (pH 4, protein:gam=10:1) köpürme özelliklerinde azalma gözlemlendiği bildirilmiştir Bunun nedeninin sodyum kazeinatın pH 4'de çözünürlüğünün zayıf olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Walsh vd., 2008).

Model köpüklerde protein:gam oranının azalmasına bağlı olarak yoğunluk yanıtı S/N oranlarının azaldığı saptanmıştır (Şekil 1a). Model köpüklerde gam konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak köpük üretmek için gerekli mekanik enerji artmaktadır. Çırpıcı hızının 158 rpm'de sabit tutulduğu bu çalışmada ortam viskozitesinin artmasına bağlı olarak köpük yapısına daha az havanın hapsedebileceği tespit edilmiştir. Ksantan gam ilavesi model köpüklerin yoğunluklarını olumsuz etkilemiştir (Şekil 1a). Ksantan gamın aynı konsantrasyondaki diğer hidrokoloidlere göre çözelti viskozitesini daha fazla artırdığı bildirilmiştir (Barcelos vd., 2020).

Pektin kullanımıyla daha düşük yoğunlarda köpükler üretilebilmektedir.

Model köpüklerde protein oranının artmasıyla yoğunluk yanıtı S/N oranlarının arttığı görülmektedir. Pozitif yüklü protein ve negatif yüklü polisakaritler arasındaki etkileşimler neticesinde oluşan çözünür bileşiklerin köpük özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Benichou vd., 2007; Dickinson, 1998; C.K. Lau ve Dickinson, 2005; Sadahira vd., 2014).

Düşük sıcaklıklardaki kısmi denatürasyon işleminin PS proteinlerinin hidrofobik özelliklerini artırarak hava/su arayüzeyine konumlanmaları için gerekli enerji gereksinimini azalttığı bildirilmiştir (Indrawati vd., 2008; Kim vd., 2005). Bununla birlikte, PS proteinlerinin 80 °C'nin üzerine ısıtılması sonucunda köpürme özelliklerinin olumsuz etkilendiği de belirtilmiştir (Kim vd., 2005; Schmidt vd., 1984). Bu çalışmada, model köpüklerin çırpılması esnasında uygulanan sıcaklık artışına bağlı olarak (80 °C'ye kadar) köpüklerdeki hava oranının arttığı belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta (>80 °C) çırpılan köpüklerde proteinlerin hava/sıvı arayüzey etkinliklerinin belirgin şekilde azaldığı sonucuna ulaşılabilmektedir. Ayrıca, model köpüklerde 100 °C'de belirlenen yoğunluk yanıtı S/N oranlarının 40 °C ve 60 °C'dekilerden yüksek bulunduğu görülmektedir. Bunun nedeni, saponinlerin PS proteinleriyle etkileşerek onların ısıl dirençlerini artırması (Guclu-Ustundag ve Mazza, 2007),

ve/veya yüksek sıcaklıklarda köpük oluşumunda daha etkin görev almasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bağlamda, köpük oluşumunun hedeflendiği mikrobiyolojik güvenilirliği önem arzeden ve yüksek sıcaklık uygulamaları gerektiren gıda ürünlerinin (krem şanti, pasta dolguları, vb.) imalatında PS proteinleri ve/veya çöven suyunun kullanılabileceği düşünülmektedir.

Yoğunluk yanıtı S/N oranları ANOVA verileri incelendiğinde, protein çeşidinin (A) model köpüklerin yoğunlukları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Daha az yoğun model köpüklerin üretilmesinde protein tipinin ve çarpma sıcaklığının etki yüzdeleri sırasıyla 84.13 ve 6.04 belirlenmiştir. Polisakkarit tipinin yoğunluk yanıtı S/N oranları üzerindeki etki oranı %1.41 ile en düşük bulunmuştur.

Çizelge 4. Model köpüklerde/köpük helvalarda yoğunluk ve renk yanıtları S/N oranları ANOVA tablosu

Table 4. ANOVA table for S/N ratio of density and colour responses in model foams/foam halvaa

Yanıtlar <i>Responses</i>	Faktörler <i>Factors</i>	Serbestlik derecesi <i>Degree of freedom</i>	Kareler toplamı <i>Sum of squares</i>	Kareler ortalaması <i>Mean of squares</i>	F değeri <i>F value</i>	p değeri <i>p value</i>	Katkı oranı (%) <i>Contribution rate (%)</i>
Yoğunluk <i>Density</i>	A	3	281.4	93.79	15.88	0.024	84.13
	B	3	10.50	3.501	0.59	0.661	3.14
	C	3	4.71	1.569	0.27	0.847	1.41
	D	3	20.22	6.740	1.14	0.458	6.04
	Hata Error	3	17.71	5.905			5.29
	Toplam Total		15	334.5			
Renk <i>Colour</i>	A	3	19.83	6.61	48.48	0.01	93.36
	B	3	0.41	0.14	1.00	0.50	1.93
	C	3	0.30	0.10	0.74	0.60	1.41
	D	3	0.28	0.09	0.69	0.62	1.32
	Hata Error	3	0.41	0.13			1.93
	Toplam Total		15	21.24			

PASP-İ (%0.5), saponin (%0.096) ve pektin (%0.05) içeren şekerli sıvı karışımın 80 °C'de onbeş dakika çarpılmasıyla üretilen optimum formülasyondaki köpüğün yoğunluk yanıtı S/N oranının (13.98^a dB) aynı sürede çarpılan kontrol örneğinden (11.49^b dB) daha yüksek olduğu, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$).

Model köpük helvalarda renk yanıtının optimizasyonu: Model köpük helva örneklerinin renk ölçüm sonuçları ve S/N değerleri Çizelge 2'de görülmektedir. Daha parlak renkte köpük helvaların üretilmesinin hedeflendiği bu

araştırmada renk yanıtı S/N değerleri 38.90-39.22 dB aralığında bulunmuştur. L₁₆ tasarım matrisine göre üretilen köpük helvaların L* değerlerinin protein çeşidi (A) ve gam konsantrasyonundaki (B) değişimlerden daha çok etkilendiği belirlenmiştir. Model koşullarında, renk yanıtı üzerine etkisi en düşük bulunan üretim faktörünün çarpma sıcaklığı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Köpük helvanın rengi için model parametre seviyeleri incelendiğinde, %0.5 PASP-İ, saponin (%0.096) ve %0.1 ksantan gam bulduran karışımın 40 °C'de onbeş dakika çarpılmasıyla L*

değeri en yüksek köpük helvaların üretilebileceği belirlenmiştir ($A_2B_2C_4D_1$) (Çizelge 3). Optimum koşullarda üretilen köpük helva örneğinin görüntüsü Şekil 1b'de verilmiştir.

PASP-K ve PASP-İ kullanılarak üretilen köpük helvaların D-PASP ve Na-KAZ'lı helvalara göre daha parlak renkte oldukları saptanmıştır Yapılan çalışmalarda protein köpüklerinin renkleri ve köpürebilme özellikleri arasında ilişki olduğu bildirilmiştir (Campbell ve Mougeot, 1999). Bu çalışmada, on beş dakikalık sürede yapısına daha fazla hava hapsedebilen örneklerin daha parlak oldukları belirlenmiştir.

%0.1 konsantrasyona kadar ksantan gam veya pektin kullanımının renk gelişiminde etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1b). Protein köpüklerinde iyonik özellikteki gam konsantrasyonu çözünür/çözünmez bileşiklerin oluşumunda önem taşımaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada, β -laktoglobulin:pektin oranı 6:1 oluncaya kadar pektin ilavesiyle köpük özelliklerini iyileştiren çözünür bileşenlerin oluştuğu, protein içeriğinin azalmasıyla birlikte yüzey özellikleri zayıf çözünmeyen bileşenlerin meydana geldiği tespit edilmiştir (Ganzevles vd., 2006). Bu çalışmada da, gam oranının artmasıyla (protein:gam<5) yüzey aktiviteleri zayıf çözünmez bileşenlerin oluşumuna bağlı olarak yapıya yeteri kadar hava hapsedilemediğinden L^* değerinin düşük bulunduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Model köpük helvaların üretiminde çırpma işlemi esnasında uygulanan sıcaklık derecesinin artması renk yanıtı S/N oranlarının azalmasıyla sonuçlanmıştır (Şekil 1b). Yüksek şeker içerikli ortamda, çırpma işlemi süresince uygulanan sıcaklığın artmasıyla indirgen şeker ve proteinler arasındaki etkileşimlerin sonucunda ortaya çıkan Maillard reaksiyon ürünleri nedeniyle ürün parlaklığının azaldığı görülmüştür (Gharbi ve Labbafi, 2019). Bununla birlikte, PS proteinlerine denatürasyon sıcaklığının üzerinde (>70 °C) uygulanan sıcaklık işlemleri neticesinde proteinlerin arayüzey aktivitelerinin azalması da rengi olumsuz etkilemektedir.

Model köpük helvaların L^* değerleri S/N oranları ANOVA tablosuna göre, üretim parametrelerinden protein çeşidinin örneklerin parlaklıklarına %93.36 oranında katkı sağladığı belirlenmiştir. Diğer üretim parametrelerine ait S/N oranlarının helvaların renk özelliğine etki oranları toplamı %5'in altında bulunmuştur (Çizelge 4).

%0.5 PASP-İ, %0.096 saponin ve %0.1 ksantan gam kullanılarak hazırlanan şekerli (70 °Briks) ve asitli (pH 4) çözeltinin 40 °C'de çırpılmasıyla üretilen optimum köpük helva ve geleneksel yöntemle üretilen kontrol helvanın renk ölçüm sonuçları S/N oranları sırasıyla 39.23^a ve 39.24^a dB hesaplanmış olup, aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$).

SONUÇ

Gıda köpüklerinin üretilmesinde farklı kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla süt proteinlerinin kullanılabilmesi çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur. Bu proteinlerin belirli koşullarda iyonik özellikteki gamlarla etkileşime girmesiyle köpürme özellikleri iyileşebilmektedir. Ayrıca saponinlerin de proteinlerin köpürme özelliklerini etkiledikleri bilinmektedir. Bu çalışmada; çöven suyu, süt proteinleri ve farklı konsantrasyonlardaki gamlarla hazırlanan şekerli (70 °Briks) ve asitli (pH 4) sıvının 40 °C, 60 °C, 80 °C veya 100 °C'de çırpılmasıyla üretilen model köpüklerin yoğunluklarının ve model köpük helvaların renklerinin optimize edilmesinde Taguchi yöntemi kullanılmıştır. %0.5 peynir altı suyu protein izolatu, %0.096 saponin ve %0.05 pektin kullanılarak hazırlanan sıvı karışımın 80 °C'de onbeş dakika çırpılmasıyla üretilen optimum köpük örneğinin geleneksel yöntemle üretilenden daha iyi köpürebildiği sonucuna ulaşılmıştır. %0.5 peynir altı suyu protein izolatu, %0.096 saponin ve %0.1 ksantan içeren çözeltinin 40 °C'de çırpılmasıyla üretilen model köpük helva ve %0.192 saponin kullanılan kontrol örneğinin parlaklıkları arasında fark bulunmamıştır. Taguchi yöntemiyle optimize edilen yoğunluk ve renk yanıtları dikkate alındığında, şeker içeren (70 °Briks) asitlendirilmiş (pH 4) ortamda yüksek protein içeriğine sahip ticari peynir altı suyu

protein tozlarının ticari pektin veya ksantan gam ile belli oranlarda kullanılmasıyla köpük helva formülasyonundaki saponin miktarının yarı yarıya azaltılabileceği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkıları bulunan Erciyes Üniv. Gıda Müh. Bölüm Başkanlığı, Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Gıda Müh. Bölüm Başkanlığına ve Taguchi modelleme konusundaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Ercan Şenyiğit'e teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, diğer kişilerin ve kurumların arasında bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yapılmasında, yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı sağlamışlardır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

Abascal, D.M., ve Gracia-Fadrique, J. (2009). Surface tension and foam stability of commercial calcium and sodium caseinates. *Food Hydrocolloids*, 23(7): 1848–1852.

Abd El-Salam, M.H., ve El-Shibiny, S. (2020). Preparation and potential applications of casein-polysaccharide conjugates: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5): 1852–1859.

Albano, K.M., Cavallieri, Â.L.F., ve Nicoletti, V.R. (2019). Electrostatic interaction between proteins and polysaccharides: Physicochemical aspects and applications in emulsion stabilization. *Food Reviews International*, 35(1): 54–89, <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1467442>.

Anonim, (2015). Türk Gıda Kodeksi Tahin Helvası Tebliği (Tebliğ No:2015/28). *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı*, Ankara.

Barcelos, M.C.S., Vespermann, K.A.C., Pelissari, F.M., ve Molina, G. (2020). Current status of biotechnological production and applications of microbial exopolysaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9): 1475–1495,

<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1575791>.

Battal, H., Sarı, F., ve Velioglu, S. (2003). Çöven Ekstraktı Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1): 75-84.

Benichou, A., Aserin, A., Lutz, R., ve Garti, N. (2007). Formation and characterization of amphiphilic conjugates of whey protein isolate (WPI)/xanthan to improve surface activity. *Food Hydrocolloids*, 21(3): 379–391.

Böttcher, S., Scampicchio, M., ve Drusch, S. (2016). Mixtures of saponins and beta-lactoglobulin differ from classical protein/surfactant-systems at the air-water interface. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 506: 765–773.

Çam, İ.B., ve Topuz, A. (2018). Production of soapwort concentrate and soapwort powder and their use in Turkish delight and tahini halvah. *J Food Process Eng.*, 41(1): 1–8.

Campbell, G.M., ve Mougeot, E. (1999). Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Science and Technology*, 10(9): 283–296.

Çelik, I., Yılmaz, Y., Işık, F., ve Üstün, Ö. (2007). Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. *Food Chemistry*, 101(3): 907–911.

Dickinson, E. (1998). Stability and rheological implications of electrostatic milk protein-polysaccharide interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 9(10): 347-354.

Foegeding, E.A., Luck, P.J., ve Davis, J.P. (2006). Factors determining the physical properties of protein foams. *Food Hydrocolloids*, 20(2-3): 284–292.

Ganzevles, R.A., Zinoviadou, K., Van Vliet, T., Stuart, M.A.C., ve De Jongh, H.H.J. (2006). Modulating surface rheology by electrostatic protein/polysaccharide interactions. *Langmuir*, 22(24): 10089–10096.

Gharbi, N., ve Labbafi, M. (2018). Effect of processing on aggregation mechanism of egg white proteins. *Food Chemistry*, 252: 126-133.

- Girard, M., Turgeon, S.L., ve Gauthier, S.F. (2003). Quantification of the interactions between β -lactoglobulin and pectin through capillary electrophoresis analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(20): 6043–6049.
- Guclu-Ustundag, Ö., ve Mazza, G. (2007). Saponins: Properties, applications and processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3): 231–258.
- Ibanoglu, E., ve Erçelebi, E.A. (2007). Thermal denaturation and functional properties of egg proteins in the presence of hydrocolloid gums. *Food Chemistry*, 101(2): 626–633.
- Indrawati, L., Wang, Z., Narsimhan, G., ve Gonzalez, J. (2008). Effect of processing parameters on foam formation using a continuous system with a mechanical whipper. *Journal of Food Engineering*, 88(1): 65–74.
- Kim, D.A., Cornec, M., ve Narsimhan, G. (2005). Effect of thermal treatment on interfacial properties of β -lactoglobulin. *Journal of Colloid and Interface Science*, 285(1): 100–109.
- Lau, C.K., ve Dickinson, E. (2005). Instability and structural change in an aerated system containing egg albumen and invert sugar. *Food Hydrocolloids*, 19(1): 111–121.
- Lazidis, A., Hancocks, R.D., Spyropoulos, F., Kreuß, M., Berrocal, R., ve Norton, I.T. (2014). Whey protein fluid gels for the stabilisation of foams. *Food Hydrocolloids*, 53:209–217.
- Liszka-Skoczylas, M., Ptaszek, A., ve Zmudziński, D. (2014). The effect of hydrocolloids on producing stable foams based on the whey protein concentrate (WPC). *Journal of Food Engineering*, 129: 1–11.
- Martínez-Padilla, L.P., García-Rivera, J.L., Romero-Arreola, V., Casas-Alencáster, N.B. (2015). Effects of xanthan gum rheology on the foaming properties of whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 156: (22-30).
- Mekonnen, T.H., Mussone, P.G., Choi, P., ve Bressler, D.C. (2015). Development of Proteinaceous Plywood Adhesive and Optimization of Its Lap Shear Strength. *Macromolecular Materials and Engineering*, 300(2): 198–209, <https://doi.org/10.1002/mame.201400199>
- Narchi, I., Vial, C., ve Djelveh, G. (2009). Effect of protein-polysaccharide mixtures on the continuous manufacturing of foamed food products. *Food Hydrocolloids*, 23(1): 188–201.
- Neves, I.C.O., de Faria, J.T., Vidigal, M.C.T.R., Fidelis, P.C., Minim, V.P.R., ve Minim, L.A. (2018). Foaming properties of suspensions composed by β -lactoglobulin and polysaccharides, in the presence of sucrose or polyols. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 550: 199–208, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.04.039>.
- Özakın, A.N., ve Kaya, F. (2020). Optimization of Control Parameters Affecting Panel Surface Temperature in Air-Cooled PVT Panels. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(1): 509–519.
- Pernell, C.W., Foegeding, E.A., Luck, P.J., ve Davis, J.P. (2002). Properties of whey and egg white protein foams. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 204(1): 9–21.
- Ravanfar, R., Tamadon, A.M., ve Niakousari, M. (2015). Optimization of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from red cabbage using Taguchi design method, 52: 8140–8147.
- Roy, R.K. (2010). *A Primer on the Taguchi method*. 2nd Edition, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, USA, 299 p.
- Sadahira, M.S., Lopes, F.C.R., Rodrigues, M.I., Netto, F.M. (2014). Influence of protein-pectin electrostatic interaction on the foam stability mechanism. *Carbohydrate Polymers*, 103(1): 55–61, <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.11.070>
- Sarıçoban, C., Karakaya, M. (2004). Geleneksel gıdalardan köpük helvanın endüstriyel ölçekte üretimi. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23-24 Eylül, Van, Türkiye, 104-105s.
- Schmidt, R.H., Packard, V.S., ve Morris, H.A. (1984). Effect of Processing on Whey Protein Functionality. *Journal of Dairy Science*, 67(11): 2723–2733.

Shen, X., Shao, S., ve Guo, M. (2017). Ultrasound-induced changes in physical and functional properties of whey proteins. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2): 381–388.

Silva, M.B., Carneiro, L.M., Silva, J.P.A., Dos Santos Oliveira, I., Filho, H.J.I., Oliveira Almeida, C.R. (2014). An Application of the Taguchi Method (Robust Design) to Environmental Engineering: Evaluating Advanced Oxidative Processes in Polyester-Resin Wastewater Treatment. *American Journal of Analytical Chemistry*, 5(13): 828–837.

Ulaganathan, V., Del Castillo, L., Webber, J.L., Ho, T.T.M., Ferri, J.K., Krasowska, M., ve Beattie, D.A. (2019). The influence of pH on the interfacial behaviour of Quillaja bark saponin at the air-solution interface. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 176: 412–419.

Walsh, D.J., Russell, K., ve FitzGerald, R.J. (2008). Stabilisation of sodium caseinate hydrolysate foams. *Food Research International*, 41(1): 43–52, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.09.003>.

NORMAL, MUMLU (WAXY) VE YÜKSEK AMİLOZLU NİŞASTALAR VE GIDALARDAKİ FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Erkan Yalçın^{1*}, M. Tuğrul Masatcıoğlu², Betül Cındık¹

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

Geliş / Received: 09.10.2020; Kabul / Accepted: 25.11.2020; Online baskı / Published online: 04.12.2020

Yalçın, E., Masatcıoğlu, M.T., Cındık, B. (2020). Normal, mumlu (waxy) ve yüksek amilozlu nişastalar ve gıdalardaki fonksiyonel özellikleri. *GIDA* (2020) 45(6)1261-1271 doi: 10.15237/gida.GD20117

Yalçın, E., Masatcıoğlu, M.T., Cındık, B. (2020). Normal, waxy and high-amylose starches and their functional properties in foods. *GIDA* (2020) 45(6)1261-1271 doi: 10.15237/gida.GD20117

ÖZ

Nişasta, amiloz ve amilopektin polisakaritlerinden meydana gelmiş, gıdalara yapısal özellikler kazandıran, beslenmemizde enerji ihtiyacımızın önemli bir kısmını karşılayan, sindirilebilir bir karbonhidrattır. Nişastaların farklı amiloz/amilopektin oranları; granüler yapıda, fiziko-kimyasal özelliklerde ve son ürün kalitesinde bazı farklılıklara sebep olmaktadır. Genellikle, normal, mumlu ve yüksek amilozlu nişastalarda amiloz/amilopektin oranı sırasıyla 25/75, 0/100 ve 70/30 olarak belirtilmiştir. Doğal nişastaların gıdalardaki kullanımı sınırlı kalmaktadır. Normal nişasta hızlı sindirilebilir olması sebebiyle gıdanın glisemik indeksini yükseltir. Yüksek amilozlu tahıl nişastaları, enzime dirençli nişasta üretiminde kullanılmaktadır. Amiloz içeriği arttıkça nişasta sindirimi de yavaşlamaktadır. Gıdaların beslenme kalitesinin farklı yapısal ve fonksiyonel özellikteki nişasta tipleri kullanılarak artırılması, beslenmeye bağlı kronik hastalıkları azaltmada etkili olabileceği belirtilmektedir. Beslenmedeki önemi dışında, nişastanın gıdalarda çirşlenme, su tutma, geçirgenlik, stabilizatör ve kıvam artırıcı özelliklerinin iyileştirilebilmesi için farklı tipte nişastalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Normal nişasta, mumlu nişasta, yüksek amilozlu nişasta, fonksiyonel özellikler, çirşlenme özellikleri, nişasta sindirilebilirliği, enzime dirençli nişasta

NORMAL, WAXY AND HIGH-AMYLOSE STARCHES AND THEIR FUNCTIONAL PROPERTIES IN FOODS

ABSTRACT

Starch, which is consisting of amylose and amylopectin polysaccharides, gives textural properties to food products, and provides the most of the energy in our nutrition, and is a digestible carbohydrate. Different amylose/amylopectin ratios in starch structure cause some distinctions in granular structure, physicochemical properties, and final product quality. Generally, amylose/amylopectin ratios of normal, waxy, and high amylose starches are indicated as 25/75, 0/100 and 70/30, respectively. The utilization of native starches in foods is limited. Normal starch, which is rapidly digestible, raises the glycaemic index of food. High-amylose cereal starches are used in the production of enzyme resistant starch. An increase in amylose content slows down the starch digestibility. An

* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author:

✉ : yalcin_e@ibu.edu.tr

☎ : (+90) 374 253 4640 / 4832

☎ : (+90) 374 253 4558

Erkan Yalçın; ORCID no: 0000-0002-7417-9088

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

Betül Cındık; ORCID no: 0000-0001-9765-9861

increase in nutritional quality of foods using starch types having different structural and functional properties exhibits a great impact on decreasing chronic diseases depended on nutrition. In addition to nutritional importance, to improve the pasting, water holding, transmittance, stabilization, and thickening properties of starch in foods, the different starch types are required.

Keywords: Normal starch, waxy starch, high-amylose starch, functional properties, pasting properties, starch digestibility, enzyme resistant starch

GİRİŞ

Nişasta, günlük kalorinin %75'inden fazlasını sağlar ve yem, biyo-yakıt ve şeker şurupları gibi birçok endüstride önemli bir hammaddedir. Nişastanın, tahıllar, baklagiller ve kök bitkilerinde başlıca depo karbonhidrat olduğu bildirilmiştir. Amiloz ve amilopektin olarak adlandırılan sırasıyla doğrusal ve dallanmış gluklan polimerlerinden oluşan nişastanın, granüller şeklinde meydana geldiği belirtilmiştir. Amiloz ve amilopektin, granül içinde yarı-kristal formda, suda çözünmeyen tabakalar halinde bulunmaktadır. Amilozun, α -1,4 glikozidik bağlarıyla bağlı 2000-5000 adet D-glukopiranozil polimerinden meydana gelen ve %0.2-0.5 oranında dallanma gösteren bir polisakkarit olduğu belirtilmiştir. Amilopektin ise yaklaşık 10000 polimerizasyon derecesine (PD) sahip, %5-6 oranında α -1,6 glikozidik bağlarıyla bağlı dallanma noktaları ve yüzlerce kısa α -1,4 bağlarıyla bağlı D-glukopiranozil birimlerinden oluşan bir polisakkarit olarak tanımlanmıştır. Gıdalardaki normal nişastaların amiloz ve amilopektin oranları sırasıyla, %25-28 ve %72-75 olarak belirtilmiştir. Yüksek amilozlu (amilotip) nişastalar %85'e kadar amiloz içerirken, mumlu (waxy) nişastalar %0 amilozdan yaklaşık %9'a (mumlu arpa) kadar amiloz içerebilmektedir. Doğal nişastalar, sıcaklık ve pH değişimlerine karşı kararsız olduklarından ve dengesiz jel stabilitesi gösterdiklerinden endüstriyel kullanım için uygun olmadığı ifade edilmiştir. Bu sebeple, doğal nişastalar, fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için çeşitli yöntemler ile modifiye edilmektedir (Hung vd., 2006; Ahmed vd., 2016; Shevkani vd., 2017; Precha-Atsawan vd., 2018; Yoo vd., 2018; Samarakoon vd., 2020). Gıda endüstrisinin kimyasal yöntemlerle modifiye edilmiş nişasta kullanımını azaltmak için çeşitli nişasta modifikasyonları üzerinde çalışılmaktadır. Buna göre, yüksek nemde (%40-76) ve jelatinizasyon sıcaklığının altında fakat camı geçiş sıcaklığının üstünde yapılan yumuşatma (tavlama)

yönteminin, nişastanın granül yapısını değiştirmeden fiziko-kimyasal özelliklerini iyileştirebilen bir modifikasyon olduğu belirtilmiştir. Kesikli veya kesiksiz yapılan bu yöntemde, nişastanın molekül ağırlığı (amiloz/amilopektin oranı), mikroskopik kristal yapısı, fiziko-kimyasal özellikleri ve *in vitro* sindirilebilirliğinin değiştirilebildiği ifade edilmiştir (Samarakoon vd., 2020; Su vd., 2020). Doğal pirinç ve diğer nişastaların teknolojik eksikliklerinin üstesinden gelmenin alternatif bir yolu da, doğal nişastalara hidrokolloidlerin eklenmesidir (Lee ve Kim, 2020).

MUMLU VE YÜKSEK AMİLOZLU NİŞASTALARIN SENTEZİ

Amiloz, waxy veya wx enzimi olarak da bilinen granüle bağlı nişasta sentetaz enzimi I (*granule-bound starch synthase I-GBSSI*) tarafından sentezlenirken; amilopektin, çözünür nişasta sentetaz enzimi (*soluble starch synthase-SSIIa*), dallanmış nişastadan sorumlu enzim (*starch branching enzyme-SBE*) ve nişastanın dallanma noktalarını kıran enzim (*starch debranched enzyme-DBE*) tarafından sentezlenmektedir. Ekmeklik buğday hegzaploid yani A, B ve D genomlarına sahip bir tahıldır. Her üç genomdan geçersiz/boş (null) sentezlenen GBSSI genleri (GBSSI-A1, GBSSI-B1 ve GBSSI-D1) amiloz sentezini durdururken amilopektin sentezini artırmaktadır. Tam tersine yine her üç genomdan geçersiz/boş sentezlenen SSIIa genleri (SSIIa-A1, SSIIa-B1 ve SSIIa-D1) ise amilopektin sentezini durdururken amiloz miktarını oransal olarak artırdığı ifade edilmiştir. Her iki gendeki (GBSSI ve SSIIa) geçersiz/boş mutasyonlar sonucu "tatlı buğday" olarak adlandırılan yüksek şekerli (özellikle yüksek maltozlu) çeşitlerin meydana geldiği bildirilmiştir. Tahıllarda, nişasta dallanma noktalarından sorumlu enzimin üç adet izozim formu (I, IIa ve IIb) keşfedilmiştir. Bunlardan nişastada dallanma noktalarından sorumlu enzimlerin (IIa ve IIb) RNA üzerindeki gen dizilimlerinin baskılanması

ile amiloz içeriğinin buğdayda %74'e kadar yükseltilebileceği saptanmıştır (Inokuma vd., 2016; Shevkani vd., 2017).

Mumlu (waxy) özellik, waxy lokusundaki granüle bağlı nişasta sentetazının (GBSSI enzimi) sentezi sırasındaki mutasyonlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak waxy geni, GBSSI enzimini kodlayan genlerdeki doğal veya doğal olmayan genetik mutasyonlardan kaynaklanmaktadır ve pirinç, arpa, mısır ve buğday dâhil birçok tahılda tanımlanmıştır (Graybosch vd., 2016; Fleischman vd., 2016; Svihus vd., 2005). Mumlu buğday ilk olarak 1994 yılında geleneksel yetiştirme tekniği kullanılarak geliştirilmiştir. Mumlu buğdayda, amiloz sentezinden sorumlu granüle bağlı nişasta sentetaz I (GBSSI) enziminin baskılanması sayesinde endospermde saptanabilir amiloz bulunmadığı görülmüştür (Hsieh vd., 2019). Mumlu nişasta neredeyse sadece α -(1,6)-glikozidik bağları ile oldukça dallanmış bir yapı gösterip, çok az düzeyde kısa α -(1,4)-D-glikopiranozil zincirleri içeren, yüksek molekül ağırlıklı ve yoğun kristal yapıya sahip polisakkarittir (Šárka ve Dvořáček, 2017).

MUMLU VE YÜKSEK AMİLOZLU NİŞASTALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Nişasta granülü, amiloz ve amilopektin polisakkaritlerinden meydana gelmiş yarı-kristal bir makromoleküldür. Nişasta granülü katmanlı tabakalardan meydana gelmiştir (Hung vd., 2006). Nişasta; değirmen, mikser, durultucu ve filtrasyonlu santrifüj, hidrosiklonlar ve siklonlar, vakum filtreleri, akışkan kurutucular ve elekler gibi birçok makine ve ekipmanı içeren bir teknolojiyle izole edilmektedir (Šárka ve Dvořáček, 2017). Nişasta granüllerinin boyutu, şekli, yapısı ve sayısı nişasta izolasyonu için çok önemli kriterlerdir ve nişasta tipine göre farklılık gösterir. Botanik açıdan farklı spesifik şekil, boyut ve yüzeylere (pürüzsüz veya pürüzlü) sahip nişasta granüllerinin fonksiyonel özellikleri ve sindirimi de farklılık gösterir (Magallanes-Cruz vd., 2017; Su vd., 2020).

Nişastadaki amilozun amilopektine oranı, amiloz ve amilopektin yapıları, bu iki polimerin düzenlenme şekli, bulunduğu yer ve diğer

moleküller ile etkileşimleri nişastanın fiziko-kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini belirlemektedir. Amilozun amilopektine oranı, hamurun özelliklerini ve son ürün kalitesini de etkiler. Lipitler ve proteinler gibi az miktarda bulunan bileşenlerle etkileşimlerin de granüllerin molekül yapılarını etkilediği bildirilmiştir. Örneğin, mumlu nişastalar, normal ve yüksek amilozlu nişastalara göre daha az protein ve lipit içeriğine sahiptir (Singh vd., 2006; Shevkani vd., 2017; Kim vd., 2020; Li vd., 2020a). Normal ve yüksek amilozlu buğday nişastaları ile karşılaştırıldığında mumlu çeşitlerin daha küresel disk benzeri granül morfolojisi, daha küçük granül çapı ve daha fazla kristal yapı gösterdiği bildirilmiştir (Xu vd., 2020). Shevkani vd. (2017), mumlu ve normal mısır nişastalarının küresel ve poligonol-çokgen granül şekillerine sahipken, yüksek amilozlu mısır nişastasının uzun granül şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Kristallik özelliği, granüller içindeki amilopektin çift sarmallarının hiyerarşik organizasyonu sonucu ortaya çıkar. Amilopektinin dallanmış zincirleri birbirine dolanmış şekilde çift-sarmal yapıyı meydana getirir ve bu yapı sıkıca kapanarak kristal kümeleşmeler oluşturur. Amiloz ise daha az düzenli olup amorf yapıdan sorumludur. Bu sebeple, amiloz miktarı arttıkça nişasta kristallığı azalmaktadır. Yüksek amilozlu buğday nişastaları %9, mumlu buğday nişastaları ise %40 oranında kristallenme derecesine sahiptir. X-ışını difraktometresinden elde edilen sonuçlar, mumlu nişastaların, normal ve yüksek amilozlu nişastalardan daha kristal bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Normal nişastaların ise yüksek amilozlu nişastalardan daha çok kristal yapı sergilediği belirtilmiştir (Shevkani vd., 2017; Zhu., 2017; Nivelle vd., 2019).

FARKLI NİŞASTA TİPLERİNİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Nişastanın kritik sıcaklığın üzerinde yeterli su ile ısıtılması, jelatinizasyon olarak bilinen geri dönüşümsüz bir faz geçişine yol açmaktadır. Jelatinizasyon, önce hidrasyon ve amorf bölgenin su absorbe ederek şişmesi ile başlar. Sonra moleküler düzenin bozulması (hidrojen bağlarının kopması) kristal yapının kaybolması (kristal bölgelerdeki amilopektinin ayrışması) meydana

gelir. Bu da artan hidrasyon ve geri dönüşümsüz değişimlere, yani granüllerin şişmesine ve çözünmesine sebep olur (Li vd., 2020b). Jelleşme ise sulu ortamdaki dağılık-çözünmüş nişasta moleküllerinin soğuma ile birlikte üç boyutlu ağ yapılarını yeniden oluşturmaya başladığı süreç olarak karakterize edilebilir. Nişasta jeli, kovalent olmayan, genellikle hidrojen bağıyla stabilize edilmiş, moleküller arası çift sarmal oluşum olarak tanımlanabilir (Šárka ve Dvořáček, 2017). Kristal stabiliteye bağlı olan jelatinizasyon sıcaklığı, amiloz içeriği ile değişen kristal yüzey serbest enerjisi ve amilopektinin polimerizasyon derecesi tarafından olumsuz etkilenir (Nivelle vd., 2019). Normal nişastaların jelatinizasyonu genellikle düşük sıcaklık derecesi aralıklarında gerçekleşir. Amilopektinin moleküler boyutu ve dallanmış zincir uzunluğu, mumlu nişastaların jelatinizasyon davranışını ve ekmeğin hamurunun reolojik özelliklerini etkilemektedir (Šárka ve Dvořáček, 2017). Ayrıca, yüksek miktardaki amiloz varlığı, yarı-kristal yapının erime noktasını ve jelatinizasyon için gerekli enerjiyi düşürmektedir. Bu sebeple, mumlu nişastalar, normal ve yüksek amilozlu nişastalardan daha yüksek jelatinizasyon sıcaklıkları ve endotermik entalpiye sahiptir (Shevkani vd., 2017; Li vd., 2020a). Kong vd. (2016) çeşitli arpalar ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, amiloz içeriğinin, çirşlenme özellikleri ve jelatinizasyon entalpisi ile negatif korelasyona sahip olduğunu gözlemlemiştir. Nivelle vd. (2019), kısa zincirli amilopektin yüksek miktarda içerildiğinde daha düşük, uzun zincirli amilopektin yüksek miktarda içerildiğinde ise daha yüksek jelatinizasyon sıcaklığı sergilendiğini rapor etmişlerdir. Mumlu nişastada amilopektin molekülleri uzun süreli ısıtma ile büyük bir kısmı granüllerden ayrılmakta ve sistem amilopektin çözeltisi haline dönüşmektedir. Öte yandan şişmiş granüller, mekanik bozulma viskozitesine (breakdown) oldukça duyarlıdır ve daha hızlı çözündüğü bildirilmiştir (Šárka ve Dvořáček, 2017). Normal nişastalara kıyasla, mumlu patates, mumlu mısır ve mumlu arpa gibi amiloz içermeyen nişastalar, dar bir sıcaklık aralığında daha fazla su absorbe ederek şişme özelliği sergilerler. Ayrıca, nişasta granül yüzeyindeki protein ve lipit miktarı azaltılırsa, mısır ve buğday nişastası granüllerinde su absorpsiyonu sonucu

şişme oranının artabileceği ifade edilmiştir (Vamadevan ve Bertoft, 2018).

Çirşlenmiş nişastada soğuma ile birlikte amiloz ve amilopektin molekülleri arasında hidrojen bağları ile moleküler etkileşimler meydana gelmekte ve bu olay retrogradasyon olarak isimlendirilmektedir (Vamadevan ve Bertoft, 2018). Retrogradasyon, nişasta bazlı gıdaların raf ömrü kalitesini etkileyen başlıca faktördür, özellikle fırıncılık ürünlerinde istenmeyen değişikliklere sebep olur (Mahmood vd., 2017). Retrogradasyona en güzel örnek ekmeğin bayatlaması verilebilir. Genel olarak, düşük amiloz içeriğinde yani mumlu nişastada, daha yüksek hamur viskozitesi ve düşük retrogradasyon eğilimi görülür (Hung vd., 2006). Nişasta çirşinin soğutulması ve depolanması sırasında, amiloz molekülleri çift sarmallar oluşturmak için yeniden birleşirken, amilopektinin dallanma noktaları kristal yapıyı oluşturmak için kendilerini kısmen düzenli yapılar halinde sıralarlar. Amiloz, retrogradasyon hızını artırmaktadır ve nişasta çirşinin soğutulması ve kısa süreli depolanması sırasında esnekliğin artmasından (ekmeğin kabuğunun bayatlaması) büyük ölçüde sorumludur (Shevkani vd., 2017). Weil vd. (2020) normal tapiyoka (manyok) nişastası ile karşılaştırıldığında, mumlu tapiyoka nişastasının 130°C'de daha yüksek bir çözünürlük, daha iyi berraklık ve daha düşük retrogradasyon eğilimine sahip olduğunu bildirmiştir. Li vd. (2020a), kısa amilopektin zincirlerinin (PD=13-24) retrogradasyonu teşvik ettiğini; uzun amilopektin zincirlerinin (PD≥37) daha düşük retrogradasyon eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Ekmeğin bayatlaması üzerine yapılan çalışmalarda, amiloz/amilopektin oranının nişasta retrogradasyonu üzerinde belirgin bir etkisi olduğu ve mumlu nişasta ilave edilmesinin retrogradasyonu geciktirebileceği ifade edilmiştir (Luo vd., 2020). Mumlu nişastalardaki yüksek amilopektin oranı, yapışkan ve sakızimsı bir doku sağlamaktadır (Mahmood vd., 2017). Yüksek amilozlu nişastada meydana gelen hızlı retrogradasyon, amilozun düşük molekül ağırlığı ile açıklanmaktadır. Depolama süresince amilopektinin tekrar agregat bir yapıya ulaşması ise daha yavaş seyretmektedir. Dolayısıyla, mumlu ve normal nişastalar, yüksek amilozlu

nişastalardan daha yavaş ve daha az retrogradasyon eğilimindedir (Shevkani vd., 2017). Yapılan bir çalışmada, mumlu buğday nişastası depolama sırasında retrogradasyona karşı yüksek direnç gösterdiği bulunmuştur. Örneğin, 3 hafta depolama süresince, mumlu buğday nişastası jellerinin entalpisi bir miktar değişirken, normal buğday nişastası jellerinin entalpisinin iki kat arttığı bildirilmiştir (Hung vd., 2006).

Amiloz/amilopektin oranının yanı sıra; amilopektinin yapısı, lipitler ve lipitlerin amiloz ile kompleks oluşturması nişasta çirşlenme özelliklerini etkiler. Genel olarak, amiloz ve amiloz-lipit kompleksi miktarı ile pik viskozite değeri arasında ters orantı bulunmaktadır. Çünkü artan amiloz ve amiloz-lipit oranı, granüler sertliği ve bütünlüğü artırarak çirşlenme sıcaklığını yükseltmekte ve pik viskoziteyi düşürmektedir. Bu sebeple, mumlu nişastalar, normal ve yüksek amilozlu nişastalardan daha yüksek pik viskozite ve kınlma viskozitesi gösterirken, daha düşük çirşlenme sıcaklığına sahip olduğu bildirilmiştir (Shevkani vd., 2017).

Hsieh vd. (2019), mumlu buğday, mısır, pirinç ve tapiyoka nişastaları normal muadillerine göre daha yüksek viskozite gösterirken, mumlu patates nişastasının normal patates nişastasından daha düşük viskozite gösterdiğini rapor etmişlerdir. Park vd. (2009)'nin yaptığı bir araştırmaya göre, patates nişastası, mumlu mısır nişastasından daha yüksek pik ve son viskoziteye sahip olduğu bulunmuştur. Mumlu mısır nişastasının karışımındaki oranı arttıkça karışımın pik ve son viskozitesi azalmıştır. Patates nişastası (67.9°C), mumlu mısır nişastasından (75.8°C) daha düşük jelatinizasyon derecesi göstermiştir. Bu yüzden, karışımın jelatinizasyon derecesinin, mumlu mısır nişastası oranı arttıkça arttığı bildirilmiştir (Park vd., 2009). Yapılan çalışmalarda, mumlu buğday unlarının, hamur hazırlama sırasında normal buğday unlarına göre daha düşük son viskozite gösterdiği görülmektedir. Garimella Purna vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, mumlu buğday nişastasının daha düşük jelatinizasyon sıcaklıklarına ve normal buğday nişastasından 2.5 kat daha fazla pik viskoziteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, mumlu buğday nişastasının, daha iyi bir kıvamlaştırma gücüne sahip modifiye

nişasta ürünleri üretmek için iyi bir kaynak olduğu belirtilmiştir (Garimella Purna vd., 2015).

FARKLI NİŞASTA TIPLERİNİN ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİ

Amiloz/amilopektin oranı nişastanın fiziko-kimyasal özelliklerini belirlediğinden, buğday unundaki nişasta, erişte, ekmekek, bisküvi gibi ürünlerin üretilmesi sırasındaki hamur özelliklerini ve son ürün kalitesini belirler. Mumlu nişastaların geliştirilmesi de sanayide kullanılan nişastanın bazı özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamıştır (Šárka ve Dvořáček, 2017; Wang ve Shi, 2020). Mumlu buğdayda yüksek amilopektin düzeyinin, un ve nişasta özellikleri üzerinde önemli etkilere sahip olduğu, mumlu buğday ununun daha fazla su emdiği ve hamur gelişimi için daha kısa süre ve enerji gerektirdiği ifade edilmektedir. Mumlu buğday unu hamurunun karıştırmaya karşı direncinin normal nişastadan daha az olduğu belirtilmiştir (Abdel-Aal vd., 2002). Mumlu buğday nişastasının normal buğday nişastasına göre bazı avantajları olmasına rağmen, gıdalardaki uygulamalarını sınırlayan istenmeyen lifli hamur dokusu ve depolama sırasındaki retrogradasyonu gibi bazı dezavantajları vardır. Mumlu buğday nişastası hamurunun tekstürünü iyileştirmek için çapraz bağlama yapılabilir. Nişastanın propilen oksit ile modifikasyonu olan hidroksipropilasyon yönteminin nişastadaki hidroksil gruplarının yerini alarak mumlu buğday nişastasının işlevselliğini artırabileceği bildirilmiştir. Buna göre, normal ve mumlu buğday ve mumlu mısır nişastalarının %3-9 oranında hidroksipropilasyonu sonucunda molar süstitüsyon oranındaki artışla birlikte jelatinizasyon sıcaklığı ve entalpi değerlerinin azaldığı, şişme derecelerinin arttığı ve soğukta depolama süresince retrogradasyon eğiliminin azaldığı ifade edilmiştir (Wang ve Shi, 2020).

Choi ve Baik (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı nişasta tiplerine ve tane sertliğine sahip 20 adet buğday unundan veya nişastalarından pandispanya keki yapılmış, normal ve mumlu nişasta karışımındaki amiloz içeriği azaldıkça kek hacminin de azaldığı ve kek hacminin çirşlenme (pasting) özellikleri ile önemli derecede ilişkili olduğu belirtilmiştir. Hung vd. (2007) tarafından

buğday nişastasındaki amilopektinin, su absorbe ederek nişasta granüllerinin şişmesine ve çirşlenmesine katkı sağlarken, amiloz ve lipitlerin bu aşamaları geciktirmeye çalıştığı bildirilmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda ($>50^{\circ}\text{C}$), mumlu buğday nişastasının şişme gücü hızla artmış, normal ve yüksek amilozlu buğday nişastalarından daha fazla gerçekleşmiştir. Bu sebeple, mumlu buğday nişastası ısıtma sırasında suyun büyük miktarını absorbe ederek yüksek şişme gücüne ve viskozitede bir artışa sebep olmuş, 70°C 'den daha fazla sıcaklıklarda ısıtıldığında sudaki çözünürlüğü artmıştır. Yüksek amilozlu buğday nişastasının ise 50°C 'den düşük sıcaklıklarda ısıtıldığında normal ve mumlu buğday nişastasından daha yüksek şişme gücüne sahip olduğu ifade edilmiştir (Hung vd., 2007).

Mumlu nişastaların, ekmeğin bayatlamasını yavaşlatmak için kullanılabileceği belirtilmiştir. Düşük amiloz içeriği ekmeği başlangıçta çok yumuşak hale getirmekte ve bayatlama sırasında amilopektin retrogradasyonunun çok sert bir ekmek yapısı vermediği ve amilopektin retrogradasyonunun su içeriğine bağlı olduğu rapor edilmiştir (Eliasson vd., 2013). Mumlu buğday ununun fırıncılık ürünlerinin hacmini, nem tutma kapasitesini, yumuşaklığını ve raf ömrünü artırdığı, ayrıca bu ürünlerde yağ miktarını azalttığı ifade edilmiştir. Kahvaltılık mısır gevrekleri, krakerler ve tuzlu atıştırmalıklar gibi kuru tahıl ürünlerinde, ürünün ısınmasını kolaylaştırmak ve ufalanabilirliğini artırmak amacıyla mumlu buğday unu eklendiği belirtilmiştir (Garimella Purna vd., 2015). Witczak vd. (2019) mumlu nişastanın nişasta temelli glutensiz ekmek yapımı ve bayatlamasının geciktirilmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Mısır/patates nişastaları karışımının %10'unun mumlu nişasta karışımı (mumlu mısır/mumlu patates nişastası) ile yer değiştirilmesi, ekmek hacminde optimum bir artışa, ekmek içi yapısında çok az bir değişime sebep olmuştur. Mumlu nişasta karışımının %10-15 oranlarında eklenmesi ile ekmek içi tekstüründe olumlu bir etki, ekmek sertliği ve çignenebilirlik özelliğinde bir azalma fakat depolama süresince bir artma ve amilopektin retrogradasyon entalpisinde bir azalma tespit etmişlerdir. Singh vd. (2006) tarafından, mumlu

mısır nişastalarının şişme gücünün ($30.2-39.2$ g/g), amilotip mısır nişastası (7.8 g/g) ve normal mısır nişastalarından ($11.6-15.2$ g/g) daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada, normal nişastalar ve amilotip nişastanın amiloz içeriği sırasıyla %29.5-32.6 ve %41 olarak belirlenirken; amilotip, normal ve mumlu nişastalarının DSC'de ölçülen faz geçiş sıcaklık aralıkları (T_o-T_i) sırasıyla; $60.5-76.1$, $63.5-76.3$ ve $64.4-81.3^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur. Mumlu buğday unundan yapılan ekmeğin kalitesinin düşük ve tüketiciler tarafından kabul görmediği bildirilmiştir. Çünkü mumlu buğday unundan yapılan ekmeğin fazla miktarda gözenek ve zayıf ekmek içi yapısına sahip olduğu ve depolama ile birlikte bu yapının çökerek yapışkan bir ekmek içinin olduğu bildirilmiştir. Mumlu buğday unundan hazırlanan eriştelere, normal nişastalı buğday unundan yapılan eriştelere göre pişirmeden sonra oldukça yapışkan ve yumuşak olduğu, yüzeyinde çok sayıda kabarcığın meydana geldiği ve kızartma sırasında birbirine yapıştığı ve aşırı yağ absorbe ettiği ifade edilmiştir (Jung vd., 2015). Mumlu buğday ununun farklı buğday kepekleri ile %12.5-37.5 oranında katlandıktan sonra yapılan ekstrüzyon işlemiyle üretilen ekstrüde ürünlerin fiziksel ve çirşlenme özelliklerinin oldukça farklılık gösterdiği ifade edilmiştir (Fleischman vd., 2016). Hogg vd. (2015) tarafından, makarna yapımında yüksek amilozlu makarnalık buğdayın kullanılmasının, aşırı pişmeye karşı daha dirençli ve sert makarna verdiği, son ürün kalitesini ve bununla birlikte beslenme kalitesini de artırdığı bildirilmiştir. Yüksek amilozlu makarnanın, bağırsak ve kardiyovasküler hastalıkları önleyen ve glisemik tepkiyi azaltan enzime dirençli nişasta bakımından zengin olduğu rapor edilmiştir. Liu vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada; peynirde daha homojen bir yapının elde edilmesi amacıyla sodyum kazeinatın yerine mumlu pirinç nişastasının kullanılması ve mumlu pirinç nişastasının peynirlerin yapısı üzerindeki etkisi araştırılmış, mumlu pirinç nişastasının peynirlerin olgunlaşmasını, homojenliğini, sertliğini, kokusunun keskinliğini ve rengini iyileştirdiği gösterilmiştir.

FARKLI NİŞASTA TİPLERİNİN SİNDİRİLEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ

Nişastanın sindirimi sonucu, örneğin Tip II diyabet, obezite ve kardiyovasküler hastalıklar gibi metabolik hastalıkları tetikleyen glukoz salınımı gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, insanların sağlığını korumak için nişasta sindirilebilirliğinin düzenlenmesine (sindirim oranı ve derecesi vb.) büyük ölçüde dikkat edilmelidir (Qiao vd., 2017). Nişastalar sindirilebilirlik özelliklerine göre hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve enzime dirençli nişasta (EDN) olmak üzere üçe ayrılır. İnsan vücudunda, HSN, yemek sonrası ilk 20 dakikadaki kan glukoz seviyesindeki artıştan sorumlu olup, tüketilen gıdanın glisemik indeks (GI) değeri ile bağlantılıdır. HSN'nın, diyabet, obezite ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok kronik hastalıklara sebep olan hiper-glisemiye yol açtığı bildirilmiştir. YSN, ince bağırsakta yavaşça sindirilen, 120 dakikaya kadar kan glukoz seviyesini yükseltmeyen nişasta tipi olup, glisemik tepkiyi ve hiper-lipidemiye azalttığı, zihinsel performansı ve tokluğu etkili bir şekilde düzenlediği ifade edilmiştir. EDN, ince bağırsakta amilolitik enzimlerin sindirimine direnç gösteren ve kalın bağırsaktaki bakteriler tarafından kısmen veya tamamen fermente edilerek kısa zincirli yağ asitleri gibi önemli son ürünler meydana getiren nişasta olarak tanımlanır. Ayrıca, EDN, ülseratif kolit ve kolon kanserinin önlenmesi, glisemik tepkiyi düşürmesi, kolesterol seviyesi, safra taşı oluşumu, Tip II diyabet ve obezitenin önlenmesi ve mineral emilimini artırması gibi fizyolojik yararları sahiptir ve probiyotiklerin gelişmesini teşvik ettiği için iyi bir prebiyotiktir. Bu sebeple, son yıllardaki beslenme rehberleri, HSN tüketimini azaltmayı ve insan sağlığına fizyolojik yararlar sağlayan EDN tüketimini artırmayı önermektedir (Lu ve Baik, 2015; Ahmed vd. 2016; Sui vd., 2017; Zhong vd., 2018; Yoo vd., 2018; Situ vd., 2019; Kim vd., 2020; Zhang vd., 2020; Xu vd., 2020).

Nişastanın sindirimi; kristal yapının düzenliliği, amiloz ve amilopektinin moleküler yapıları, dallanmış yapının yoğunluğu ve amiloz miktarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Amiloz/amilopektin oranı, nişasta

sindirilebilirliğini etkileyen ana faktörlerden birisidir. Mumlu nişastalar genellikle hızlı sindirilebilir nişastalardır. Yüksek amilozlu nişastalar ise yavaş sindirilir ve EDN kaynağıdır. Yüksek amilozlu nişastalar, yüzeyindeki porlar sebebi ile daha yavaş hidrolize edilirken, mumlu nişastaların iç taraflarındaki porlar sebebi ile daha yüksek oranlarda sindirildiği belirtilmiştir. *In vitro* sindirim sonuçları, EDN miktarının, yüksek amiloz içeriği, tek helikslü yapı ve yüzey kısa-sıralı yapının miktarı ile arttığını göstermiştir. EDN'nin, tek helikslü yapıdan ve 13-24 polimerizasyon dereceli kristalitlerden oluştuğu bildirilmiştir. YSN ise tek helikslü yapıdan oluşurken, hızlı sindirilebilir nişastanın düzensiz amorf bölgelerden meydana geldiği ifade edilmiştir. Araştırmalar amilopektinin amiloza göre daha hızlı sindirildiğini göstermiştir. Mumlu nişastaların amilolitik aktiviteye hassasiyeti, yapısındaki amilopektin molekülünün yüzey alanının oldukça fazla olmasından ileri gelmektedir. Bununla birlikte uzun amiloz zincirinin, nişasta sindirilebilirliğini artırdığı rapor edilmiştir. Kısa çift sarmallı normal nişastalar, amilolitik aktiviteye oldukça hassastır ve yüksek miktarda hızlı ve yavaş sindirilebilir nişasta içerirler. Ayrıca, jelatinize mumlu nişastanın enzimatik hidrolize hassasiyetinin, normal ve yüksek amilozlu nişastalara göre daha fazla olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte nişastaya bağlı protein ve lipitlerin nişasta sindirilebilirliğini azalttığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Svihus vd., 2005; Shevkani vd., 2017; Situ vd., 2019; Xu vd., 2020). Yapılan bir çalışmada, yüksek amilozlu durum buğdayından yapılan makarnanın besinsel kalitesinin iyileştiği ve uzun süre pişmeye karşı direncinin arttığı tespit edilmiştir (Hogg vd., 2015). Yüksek amilozlu nişastanın, gıdalardaki lif içeriğini veya EDN içeriğini artırarak Tip II diyabet ve obezite gibi metabolik bozuklukları azalttığı, bağışıklık sistemi ve kolonik hastalıkları iyileştirdiği rapor edilmiştir (Li vd., 2020). Amilozun sindirimi amilopektine göre daha yavaştır ve glukozun kandaki dolaşımı da daha yavaş seyredir. Amilozun ince bağırsaktaki sindirimini tam olarak tamamlanmadığı ve amiloz ile zengin nişastaların sindirime daha fazla direnç gösterdiği bildirilmiştir. Yüksek amilozlu nişastaların sindirime olan direnci çeşitli

mekanizmalar ile açıklanmıştır, bunlar: **a.** nişasta granüllerinin, amilozun amilopektin kristalleri arasında sarmalanması sebebiyle kapalı bir bütünlük arz etmesi; **b.** fazla miktardaki amiloz-lipit kompleksi sayesinde sulu ortamda ısıtma süresince nişasta granüllerinin sınırlı düzeyde şişmesi; **c.** jelatinize nişastanın depolama süresince retrogradasyonu sonucu muntazam kristal yapılara dönüşmesidir. Hem insan hem de hayvan deneylerinde bulunan sonuçlara göre, diyetle yüksek amilozlu mısır nişastası eklenmesinin, yağ birikimini azalttığı veya vücuttaki yağ dağılımını değiştirdiği rapor edilmiştir. Yüksek amilozlu mısır nişastası ile beslenmenin ayrıca, serum kolesterol, serum trigliserit ve hepatik trigliserit düzeylerini düşürdüğü ve adipoz dokuda yağlanmayı engellediği, obezite ve ilgili kronik hastalıkların ortaya çıkışının azaltılabildiği bildirilmiştir (Ai ve Jane, 2016). Probiyotikler (*Clostridium butyricum* veya *Bifidobacterium lactis*) ile kombinasyon halinde kullanılan yüksek amilozlu mısır nişastasının, kolon kanserinin veya onun varsayılan öncü lezyonlarının gelişimini etkin bir şekilde inhibe ettiği bildirilmiştir. Ayrıca, hayvan deneyleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalar, yüksek amilozlu mısır nişastasının gıdalara eklenmesinin, Ca, Mg, Zn, Fe ve Cu dâhil olmak üzere önemli minerallerin emilimini belirgin şekilde artırdığı ifade edilmiştir. Minerallerin gelişmiş emiliminin, yüksek amilozlu mısır nişastasının fermantasyonu ile birlikte meydana gelen kısa zincirli yağ asitlerinin üretilmesi ve daha düşük bir pH'da bağırsak ve kolondaki artan çözünürlükleri ile ilgili olduğu ifade edilmiştir (Ai ve Jane, 2016).

Nişasta granülleri, özel koşullar altında pullulanaz ve izoamilaz gibi enzimlerle α -1,6 bağlı dallanma noktalarından hidroliz edilebilirler. Mumlu nişastanın tamamen dallanma noktalarından ayrılması ile her nişasta kaynağının yapısına bağlı olarak, yaklaşık 6-100 arasında değişen zincir uzunluklarına sahip doğrusal dekstrin/amiloz zincirleri meydana gelebilmektedir. Bir dizi patentli gıdada ve gıda dışı üründe dallanma noktaları hidroliz edilerek çeşitli nişasta tipleri ortaya çıkarılmıştır. Örneğin bu nişastaların EDN kaynağı, yağ ikame maddesi, opaklaştırıcı madde, içeceklerde renklendirici ve kozmetikte

nemlendirici ve dokusal özellikleri iyileştiren ajan olarak kullanılabilmesi ifade edilmiştir. Dallanma noktalarından hidrolize olmuş nişastalardan EDN ve YSN üretimi ile ilgili güncel çalışmalar halen sürmektedir (Precha-Atsawan vd., 2018).

YÜKSEK AMILOZLU NİŞASTADAN DİRENÇLİ NİŞASTA ÜRETİMİ

Enzime dirençli nişasta (EDN) beş farklı tipte bulunur: EDN₁: kısmen veya tamamen öğütülmüş tohumlar gibi sindirilemeyen bir matris içinde fiziksel olarak tutulmuş, erişilemeyen nişasta; EDN₂: doğal granül formundaki nişasta; EDN₃: ısıtılmış daha sonra soğutulmuş retrograde nişasta; EDN₄: kimyasal olarak modifiye edilmiş nişasta; EDN₅: amiloz sarmal yapısında lipit bileşeni ile kompleks yapmış nişasta olarak karakterize edilmektedir (Masatcioğlu vd., 2017). EDN₂, patates, yeşil muz, yüksek amilozlu mısır nişastası ve bazı baklagillerde bulunur. Bu nişastalarda, uzun zincirli dallanmış amilopektin molekülü oransal olarak daha fazla bulunur. Bu ise esnek olmayan bölgelerin ve zayıf noktaların meydana gelmesine yol açmakta ve böylece doğal nişasta granüllerini enzimatik hidrolize karşı dirençli hale getirmektedir. Nişastadaki yüksek miktardaki ve uzun amiloz içeriği genel olarak yüksek miktardaki EDN içeriği ile ilişkilendirilmekte olup, ıslah çalışmaları yoluyla amiloz seviyesinin yükseltilmesi ile endojen EDN miktarının artırılmasının olası bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. İki metodun başarı ile kullanılabilmesi belirtilmiştir, bunlar: yüksek amiloz üretimini sağlayan genlere sahip mutantlar ile melezleme ve nişasta sentezinde dallanmadan sorumlu enzimlerin inhibisyonu şeklinde açıklanmıştır (Dupuis vd., 2014). Retrograde amiloz, EDN₃'nin bir formudur ve çok yavaş sindirildiğinden besinsel lif gibi davrandığı belirtilmiştir. Amiloz amilopektine göre daha kısa sürede retrograde olabilmektedir. Bu sebeple; amiloz/amilopektin oranı ne kadar yüksekse retrogradasyon o kadar hızlı gerçekleşmekte ve amiloz bakımından zengin olan nişastalardan daha fazla EDN üretilmektedir. Mumlu, normal ve yüksek amilozlu mısır nişastaları, nişasta yapılarındaki düzenliliği azaltmak için su ile karıştırıldıktan sonra ekstrüzyon işlemine tabi tutulmuş ve yalnızca yüksek amilozlu ekstrüde mısır nişastasının

sindirime karşı direncinin en fazla olduğu görülmüş, uzun zincir yapısına sahip amiloz molekülünün bunda önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Zhang vd., 2015). Yüksek amilozlu buğdayların besinsel lif içeriklerinin EDN miktarları sayesinde 10 kat artması ile kronik hastalıkların önlenmesi için gerekli sağlıklı gıdaların üretilmesinde kullanılabileceği rapor edilmiştir (Bird ve Regina, 2018).

SONUÇ

Mumlu ve yüksek amilozlu tahıl nişastaları, tahıl genomlarında bazı modifikasyonlar yapılarak geliştirilmiştir. Mumlu ve yüksek amilozlu tahıl nişastaları son ürünün tekstürünü ve kalitesini istenilen şekilde iyileştirmek için gıda ürünlerinde tercih edilmektedir. Bu nişastalar, çeşitli fizyolojik etkilere sahip besinsel lif ve enzime dirençli nişasta kaynakları olarak son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Yüksek amilozlu nişasta, prebiyotik özelliğe sahip EDN üretiminde önemli bir kaynaktır. Yüksek amilozlu tahıl nişastaları ile beslenmenin kronik hastalıkların önlenmesinde önemli olduğu vurgulanmıştır. Amiloz biyosentezinden sorumlu GBSS genlerinin baskılanması ile sentezlenen mumlu nişasta, yüksek düzeyde dallanmış ve kristal yapıya sahiptir. Bu yapısal özellikler mumlu buğday nişastasına, yüksek şişme gücü ve çirş viskozitesi ve fakat düşük çirşlenme sıcaklığı, düşük retrogradasyon eğilimi yani katılma viskozitesi gibi fonksiyonel özellikler kazandırmaktadır. Bundan dolayı, gıda ürünlerinde normal buğday nişastasının yerine mumlu buğday nişastasının kullanımı ile daha geç bayatlayan ve uzun raf ömrüne sahip fırıncılık ürünlerinin üretilabileceği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

EY, MTM ve BC derlemeyi birlikte planlamış, yazmış ve son halini onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

Abdel-Aal, E.-S.M., Huck, P., Chibbar, R.N., Han, H.L., Demeke, T. (2002). Physicochemical

and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. *Cereal Chem*, 79(3): 458–464.

Ahmed, Z., Tetlow, I.J., Falk, D.E., Liu, Q., Emes, M.J. (2016). Resistant starch content is related to granule size in barley. *Cereal Chem*, 93(6): 618-630.

Ai, Y., Jane, J.-I. (2016). Macronutrients in corn and human nutrition. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 15(3): 581-598.

Bird, A.R., Regina, A. (2018). High amylose wheat: A platform for delivering human health benefits. *J Cereal Sci*, 82: 99-105.

Choi, H.-W., Baik, B.-K. (2014). Significance of starch properties and quantity on sponge cake volume. *Cereal Chem*, 91(3): 280–285.

Dupuis, J.H., Liu, Q., Yada, R.Y. (2014). Methodologies for increasing the resistant starch content of food starches: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 13(6): 1219-1234.

Eliasson, A.-C., Bergenstal, B., Nilsson, L., Sjöo, M. (2013). From molecules to products: Some aspects of structure-function relationships in cereal starches. *Cereal Chem*, 90(4): 326-334.

Fleischman, E.F., Kowalski, R.J., Morris, C.F., Nguyen, T., Li, C., Ganjyal, G., Ross, C.F. (2016). Physical, textural, and antioxidant properties of extruded waxy wheat flour snack supplemented with several varieties of bran. *J Food Sci*, 81(11): E2726-E2733.

Garimella Purna, S.K., Shi, Y.-C., Guan, L., Wilson, J.D., Graybosch, R.A. (2015). Factors governing pasting properties of waxy wheat flours. *Cereal Chem*, 92(5): 529-535.

Graybosch, R.A., Ohm, J.-B., Dykes, L. (2016). Observations on the quality characteristics of waxy (amylose-free) winter wheats. *Cereal Chem*, 93(6): 599-604.

Hogg, A.C., Martin, J.M., Manthey, F.A., Giroux, M.J. (2015). Nutritional and quality traits of pasta made from SSIIa null high-amylose durum wheat. *Cereal Chem*, 92(4): 395-400.

- Hsieh, C.-F., Liu, W., Whaley, J. K., Shi, Y.-C. (2019). Structure and functional properties of waxy starches. *Food Hydrocoll*, 94: 238-254.
- Hung, P.V., Maeda, T., Morita, N. (2006). Waxy and high-amylose wheat starches and flours-characteristics, functionality and application. *Trends Food Sci Technol*, 17(8): 448-456.
- Hung, P.V., Maeda, T., Morita, N. (2007). Study on physicochemical characteristics of waxy and high amylose wheat starches in comparison with normal wheat starch. *Stärke*, 59(3-4): 125-131.
- Inokuma, T., Vrinten, P., Shimbata, T., Sunohara, A., Ito, H., Saito, M., Taniguchi, Y., Nakamura, T. (2016). Using the hexaploid nature of wheat to create variability in starch characteristics. *J Agric Food Chem*, 64(4): 941-947.
- Jung, T.-H., Kim J.Y., Baik, B.-K., Park, C.S. (2015). Physicochemical and thermal characteristics of starch isolated from a waxy wheat genotype exhibiting partial expression of wx proteins. *Cereal Chem*, 92(1): 14-21.
- Kim, H.R., Jun Choi, S., Choi, H.-D., Park, C.-S., Moon, T.W. (2020). Amylosucrase-modified waxy potato starches recrystallized with amylose: the role of amylopectin chain length in formation of low-digestible fractions. *Food Chem*, 318: 126490.
- Kong, X., Kasapis, S., Zhu, P., Sui, Z., Bao, J., Corke, H. (2016). Physicochemical and structural characteristics of starches from Chinese hull-less barley cultivars. *Int J Food Sci Technol*, 51(2): 509-518.
- Lee, H., Kim, H.-S. (2020). Pasting and paste properties of waxy rice starch as affected by hydroxypropyl methylcellulose and its viscosity. *Int J Biol Macromol*, 153: 1202-1210.
- Li, C., Zhou, D., Fan, T., Wang, M., Zhu, M., Ding, J., Zhu, X., Guo, W., Shi, Y.-C. (2020a). Structure and physicochemical properties of two waxy wheat starches. *Food Chem*, 318, 126492.
- Li, C., Dhital, S., Gilbert, R. G., Gidley, M. J. (2020b). High-amylose wheat starch: structural basis for water absorption and pasting properties. *Carbohydr Polym*, 245, 116557.
- Li, H., Dhital, S., Flanagan, B. M., Mata, J., Gilbert, E. P., Gidley, M. J. (2020). High-amylose wheat and maize starches have distinctly different granule organization and annealing behaviour: A key role for chain mobility. *Food Hydrocoll*, 105, 105820.
- Liu, L., Zhang, H., Li, X., Han, X., Qu, X., Chen, P., Wang, H., Wang, L. (2018). Effect of waxy rice starch on textural and microstructural properties of microwave-puffed cheese chips. *Int J Dairy Technol*, 71(2): 501-511.
- Lu, L., Baik, B.-K. (2015). Starch characteristics influencing resistant starch content of cooked buckwheat groats. *Cereal Chem*, 92(1): 65-72.
- Luo, Y., Xiao, Y., Shen, M., Wen, H., Ren, Y., Yang, J., Han X, Xie, J. (2020). Effect of *Mesona chinensis* polysaccharide on the retrogradation properties of maize and waxy maize starches during storage. *Food Hydrocoll*, 101, 105538.
- Magallanes-Cruz, P.A., Flores-Silva, P.C., Bello-Perez L.A. (2017). Starch structure influences its digestibility: A Review. *J Food Sci*, 82(9): 2016-2023.
- Mahmood, K., Kamilah, H., Shang, P.L., Sulaiman, S., Ariffin, F., Alias, A.K. (2017). A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. *Food Biosci*, 19: 110-120.
- Masatcioğlu, T.M., Sumer, Z., Koksels, H. (2017). An innovative approach for significantly increasing enzyme resistant starch type 3 content in high amylose starches by using extrusion. *J Cereal Sci*, 74: 95-102.
- Nivelle, M.A., Remmerie, E., Bosmans, G.M., Vrinten, P., Nakamura, T., Delcour, J.A. (2019). Amylose and amylopectin functionality during baking and cooling of bread prepared from flour of wheat containing unusual starches: A temperature-controlled time domain 1H NMR study. *Food Chem*, 295: 110-119.
- Park, E.Y., Kim, H.N., Kim, J.Y., Lim, S.T. (2009). Pasting properties of potato starch and waxy maize starch mixtures. *Stärke*, 61(6): 352-357.

- Precha-Atsawan, S., Puncha-Arnon, S., Wandee, Y., Uttapap, D., Puttanlek, C., Rungsardthong, V. (2018). Physicochemical properties of partially debranched waxy rice starch. *Food Hydrocoll*, 79: 71-80.
- Qiao, D., Xie, F., Zhang, B., Zou, W., Zhao, S., Niu, M., Lv, R., Cheng, Q., Jiang, F., Zhu, J. (2017). A further understanding of the multi-scale supramolecular structure and digestion rate of waxy starch. *Food Hydrocoll*, 65: 24-34.
- Samarakoon, E. R. J., Waduge, R., Liu, Q., Shahidi, F., Banoub, J. H. (2020). Impact of annealing on the hierarchical structure and physicochemical properties of waxy starches of different botanical origins. *Food Chem*, 303, 125344.
- Šárka, E., Dvořáček, V. (2017). Waxy starch as a perspective raw material (a review). *Food Hydrocoll*, 69: 402-409.
- Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R., Kaur, A. (2017). Wheat starch production, structure, functionality and applications-A review. *Int J Food Sci Technol*, 52(1): 38-58.
- Singh, N., Inouchi, N., Nishinari, K. (2006). Structural, thermal and viscoelastic characteristics of starches separated from normal, sugary and waxy maize. *Food Hydrocoll*, 20(6): 923-935.
- Situ, W., Song, X., Luo, S., Yang, J. (2019). Digestibility and structures of vinasse starches with different types of raw rice and fermented leaven. *Food Chem*, 294: 96-103.
- Su, C., Saleh, A. S. M., Zhang, B., Zhao, K., Ge, X., Zhang, Q., Li, W. (2020). Changes in structural, physicochemical, and digestive properties of normal and waxy wheat starch during repeated and continuous annealing. *Carbohydr Polym*, 247, 116675.
- Sui, Z., Yao, T., Ye, X., Bao, J., Kong, X., Wu, Y. (2017). Physicochemical properties and starch digestibility of in-kernel eat-moisture-treated waxy, low-, and high-amylose rice starch. *Stärke*, 69(7-8): 1600164.
- Svihus, B., Uhlen, A.K., Harstad, O.M. (2005). Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim Feed Sci Technol*, 122(3-4): 303-320.
- Vamadavan, V., Bertoft, E. (2018). Impact of different structural types of amylopectin on retrogradation. *Food Hydrocoll*, 80: 88-96.
- Wang, W., Shi, Y.-C. (2020). Gelatinization, pasting and retrogradation properties of hydroxypropylated normal wheat, waxy wheat, and waxy maize starches. *Food Hydrocoll*, 106, 105910.
- Weil, W., Weil, R. C., Keawsompong, S., Sriroth, K., Seib, P. A., Shi, Y.-C. (2020). Pyrodextrin from waxy and normal tapioca starches: Physicochemical properties. *Food Hydrocoll*, 104, 105745.
- Witczak, M., Korus, J., Ziobro, R., Juszcak, L. (2019). Waxy starch as dough component and anti-staling agent in gluten-free bread. *LWT-Food Sci Technol*, 99: 476-482.
- Xu, J., Chen, L., Guo, X., Liang, Y., Xie, F. (2020). Understanding the multi-scale structure and digestibility of different waxy maize starches. *Int J Biol Macromol*, 144: 252-258.
- Yoo, H.J., Kim, H.R., Choi, S.J., Park, C.-S., Moon, T.W. (2018). Characterisation of low-digestible starch fractions isolated from amylosucrase-modified waxy corn starch. *Int J Food Sci Technol*, 53(3): 557-563.
- Zhang, B., Dhital, S., Flanagan, B.M., Luckman, P., Halley, P.J., Gidley, M.J. (2015). Extrusion induced low-order starch matrices: Enzymic hydrolysis and structure. *Carbohydr Polym*, 134, 485-496.
- Zhang, Y., Gladden, I., Guo, J., Tan, L., Kong, L. (2020). Enzymatic digestion of amylose and high amylose maize starch inclusion complexes with alkyl gallates. *Food Hydrocoll*, 108, 106009.
- Zhong, Y., Zhu, H., Liang, W., Li, X., Liu, L., Zhang, X., Yue, H., Xue, J., Liu, X., Guo, D. (2018). High-amylose starch as a new ingredient to balance nutrition and texture of food. *J Cereal Sci*, 81: 8-14.
- Zhu, F. (2017). Barley starch: Composition, structure, properties, and modifications. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 16(4): 558-579.

İçindekiler / Content

Araştırmalar (İngilizce) / Researches (English)

- Dulger Altınar, D., Mete, M. *An investigation of the effect of chestnut flour additive on the nutritional and quality properties of noodle* / Kestane unu katkısının eriştenin besleyici ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması.....1061-1072
- Yaver, E., Bilgiçli, N. *Effect of transglutaminase on quality attributes of noodle enriched with germinated mung bean flour* / Transglutaminazın çimlendirilmiş mısır fasulyesi unu ile zenginleştirilmiş eriştenin kalite özellikleri üzerine etkisi.....1097-1108
- Yüksel, A. N. *Modeling foam-mat drying characteristics of banana under microwave conditions* / Mikrodalga koşullarında muzun köpük kurutma özelliklerinin modellenmesi1134-1142
- Kahve, H. İ., Duran, A. *Evaluation of the effect of chitosan coating on microbiological and oxidative properties of refrigerated beef* / Kitosan kaplamanın soğutulmuş etlerin mikrobiyolojik ve oksidatif özelliklerine etkisinin belirlenmesi1154-1162
- Öncül, N., Yıldırım, Z. *Growth ability of bacteriocinogenic strains in milk and their bacteriocin activity against cheese starter cultures* / Bakteriyosinogenik suşların sütte gelişmeleri ve bakteriyosinlerinin peynir kültürlerine karşı aktiviteleri1175-1187
- Köprüalan, Ö., Elmas, F., Bodruk, A., Arıkaya, Ş., Koç, M., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F. *Drying kinetics of reduced fat white cheese dried by different methods* / Farklı yöntemler ile kurutulmuş yağ azaltılmış beyaz peynirin kurutma kinetiği1201-1214

Araştırmalar (Türkçe) / Researches (Turkish)

- Öncül, M., Sekman, Y., Kınıklı, F., Artukoğlu, M. M. *Gıda seçim tarzlarına göre tüketicilerin süt ve süt ürünleri satın alma davranışlarının incelenmesi: İzmir ili örneği* / Examination of consumers' purchasing behaviour of dairy products by food choice styles: A research on milk and dairy products1047-1060
- Özyurt, V. H., Tetik, I., Tetik, P., Saral, H., Ötleş, S. *Fındık zarı yağının ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonu ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi* / Optimization of hazelnut skin oil extraction parameters and evaluation of its physicochemical properties1073-1082
- Aydemir, O., Kurt, A. *Farklı pastörizasyon koşullarının beyaz peynirin reolojik, tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkisi* / The effect of different pasteurization conditions on the rheological, textural and sensory properties of white cheese1083-1096
- Aslan, B., Özden Tuncer, B. *Sucuktan izole edilen pediococcus suşlarının bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi* / Determination of some technological properties of pediococcus strains isolated from sucuk1109-1120
- Erinç, H. *Farklı boyutlarda kinoa kepek unu kullanımının bisküvilerin fiziksel, duyuşal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi* / The effect of different sized quinoa bran flour usage on the physical, sensory and textural properties of biscuits1121-1133
- Erinç, H., Alaşalvar, H. *Konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş yağın yağsız süt tozu ve maltodekstrin karışımı ile mikroenkapsülasyonu ve mikrokapsüllerin karakterizasyonu* / Microencapsulation of an oil rich in conjugated linoleic acid with skimmed milk powder and maltodextrin mixture and their characterization1143-1153
- Koyuncu, G., Cabaroğlu, T. *Adana ilinde yetiştirilen Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin kalite özelliklerinin ve aroma bileşiklerinin belirlenmesi* / Determination of quality parameters and volatile compounds of Gemlik olive variety grown in Adana1163-1174
- Alptekin, E., Bölek, S. *Kafeinsiz kahve benzeri içecek üretimi için mısır fasulyesi (Vigna radiata) kullanımı* / Use of mung bean (Vigna radiata) for the production of caffeine-free coffee-like beverages1227-1236
- Güldane, M., Doğan, M. *Köpük helva üretim parametrelerinin renk ve yoğunluk özelliklerine etkisi: Taguchi matematiksel model optimizasyonu* / The effect of process parameters on color and density properties of foam halva: Taguchi mathematical model optimization1248-1260

Derlemeler (Türkçe) / Reviews (Turkish)

- Ebrar Kirtıl, H., Metin, B., Arıcı, M. *Peynir küfü olarak Penicillium roqueforti'nin taksonomisi, morfolojik, genetik ve metabolik özellikleri* / Taxonomy, morphological, genetic and metabolic characteristics of Penicillium roqueforti as a cheese mold1188-1200
- Akdeniz Oktay, B., Yeşim Özbaşı, Z. Y. *Fermente gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkileri* / The effects of fermented foods on human health1215-1226
- Çağla Özer, Ç., Sezgin Ünal, S. *Glutomatik 4+2 sistemi ile gluten indeksi parametresine yeni bir bakış* / A new prospect to gluten index parameter with glutomatic 4+21237-1247
- Erkan Yalçın, E., M. Tuğrul Masatcioğlu, M. T., Betül Cındık, B. *Normal, mumlu (waxy) ve yüksek amilozlu nişastalar ve gıdalardaki fonksiyonel özellikleri* / Normal, waxy and high-amylose starches and their functional properties in foods1261-1271