

**GIDA** (Gıda Teknolojisi Derneği Yayını)  
**THE JOURNAL OF FOOD** (Published by the Association of Food Technology; Turkey)  
Cilt / Volume: 40 • Sayı / Number: 3 • 2015  
İki ayda bir yayımlanır / Published bimonthly  
**ISSN 1300 - 3070; ISSN 1309 - 6273 (GIDA on-line)**

**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

<b>Editörler Kurulu / Editorial Board</b>	<b>Danışma Kurulu / Advisory Board</b>
<b>Baş Editör/ Editor-in Chief</b> Halkman, A. Kadir <i>Ankara University, Turkey</i>	Alichanidis, Efsthios <i>Aristotle University of Thessaloniki, Greece</i> Aran, Necla <i>Istanbul Technical University, Turkey</i> Artık, Nevzat <i>Ankara University, Turkey</i> Baysal, Taner <i>Ege University, Turkey</i> Boyacı, İsmail Hakkı <i>Hacettepe University, Turkey</i> Certel, Muharrem <i>Akdeniz University, Turkey</i> Draughon, Ann <i>Tennessee University, USA</i> Ekşi, Aziz <i>Ankara University, Turkey</i> El Soda, Morsi <i>University of Alexandria, Egypt</i> Fogliano, Vincenzo <i>University of Napoli Federico II, Italy</i> Ghosh, Bikash C. <i>National Dairy Research Institute, India</i> Gollop, Natan <i>The Volcani Center, ARO, Israel</i> Gökmen, Vural <i>Hacettepe University, Turkey</i> Griffiths, Mansel <i>University of Guelph, Canada</i> Göğüş, Fahrettin <i>Gaziantep University, Turkey</i> Gümüşkesen, Aytaç Saygın <i>Ege University, Turkey</i> Güven, Mehmet <i>Cukurova University, Turkey</i> Heperkan, Dilek <i>Istanbul Technical University, Turkey</i> Ho, Chi-Tang <i>The State University of New Jersey, USA</i> Kaya, Mükerrerem <i>Atatürk University, Turkey</i> Kaymak-Ertekin, Figen <i>Ege University, Turkey</i> Koçak, Celalettin <i>Ankara University, Turkey</i> Köksel, Hamit <i>Hacettepe University, Turkey</i> Morales, Francisco J. <i>CSIC Instituto del Fr o, Spain</i> Mujtaba, Mustafa G. <i>Florida Gulf Coast University, USA</i> Ögel, Zümrüt <i>Middle East Technical University, Turkey</i> Özilgen, Mustafa <i>Yeditepe 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> Şahin, Serpil <i>Middle East Technical University, Turkey</i> Üstünoğlu, Zeynep <i>Michigan State University, USA</i> Yetişemiyen, Atilla <i>Ankara University, Turkey</i>
<b>Editörler / Co-Editors</b> Çakır, İbrahim <i>Abant İzzet Baysal University, Turkey</i> Taban, Birce <i>Ankara University, Turkey</i> Tekin, Aziz <i>Ankara University, Turkey</i> Velioglu, Y. Sedat <i>Ankara University, Turkey</i>	
<b>Yönetim Yeri</b> <b>Adres / Address</b> Büyükelçi Sokak No: 18/1 Kavaklıdere/ Ankara Turkey	
<b>Tel:</b> (+90) 312 596 1180 • <b>Faks:</b> (+90) 312 317 8711 <b>E-posta / E-mail:</b> dergi@gidadernegi.org <b>URL:</b> http://www.gidadernegi.org/dergi.asp	
<b>Yayın Türü:</b> Yaygın süreli ve hakemli	
<b>Basım Yeri / Printing House</b> Sim Matbaacılık Ltd. Şti İvedik Organize San. Böl. Mat-Sit İş Mrk. 1518. Sk. No:2/14 Yenimahalle / Ankara Turkey Tel : (+90) 312 230 22 09 Faks: (+90) 312 230 41 39 e-mail: simmatbaasi@gmail.com	
<b>Yayın Tarihi / Publication Date</b> 15 06 2015	

Bu dergi, uluslararası **CAB Abstracts, Citefactor, Index Copernicus, EBSCO, ULAKBİM** (Yaşam Bilimleri) **FAO Agris** ve **DOAJ** veri tabanları kapsamındadır.

This journal is covered by **CAB Abstracts, Citefactor, Index Copernicus, EBSCO, ULAKBİM** (National Databases) **FAO Agris** and **DOAJ** database systems.

## İçindekiler / Content

---

Oziyci HR, Turhan I, Tetik N, Arslan Kulcan A, Akkoyun T, Yatmaz E, Germec M, Karhan M; <i>Concentration of d-pinitol in carob extract by using multi-stage enrichment processes / Keçiboynuzu ekstraktında bulunan d-pinitolün çok aşamalı zenginleştirme prosesi ile konsantrasyonu</i> . . . . .	<b>125-131</b>
Akoğlu A, Çakır İ, Akoğlu İT, Karahan AG, Çakmakçı ML; <i>Effect of bacterial cellulose as a fat replacer on some quality characteristics of fat reduced sucuk / Yağı azaltılmış sucuğun bazı kalite özellikleri üzerine yağ ikame maddesi olarak kullanılan bakteriyel selülozun etkisi</i> . . . . .	<b>133-139</b>
Kilercioğlu M, Ozel B, Karaçam ÇH, Poçan P, Öztop MH; <i>Yüksek sıcaklığın ve nemli ortamın fıındıktaki su ve yağ dağılımına olan etkisinin manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve NMR relaksometre teknikleri ile belirlenmesi / Investigating of the effect of high temperature and humidity on water and fat distribution in hazelnuts by magnetic resonance imaging (MRI) and NMR relaxometry techniques</i> . . . . .	<b>141-148</b>
Ağçam E, Akyıldız A; <i>Siyah havuç posasından antosiyaninlerin ekstraksiyonuna farklı çözen ve asit konsantrasyonlarının etkileri / Effects of different solvents and acid consantrations on extraction of anthocyanins from black carrot pomace</i> . . . . .	<b>149-156</b>
Yeşilören G, Ekşi A; <i>Vişne suyu asitliğinin azaltılması için nötralizasyon alternatifi / Neutralization as an alternative to reduce acidity of sour cherry juice</i> . . . . .	<b>157-162</b>
Yılmaz H, Bilici S; <i>Toplu beslenme hizmetlerinde alternatif pişirme yöntemi: "Sous vide" / Alternative cooking method in catering services: "Sous vide"</i> . . . . .	<b>163-170</b>
Başkaya Sezer D; <i>Aslıhan Demirdöven A; Meyve sebze işlemede mikrodalga haşlama uygulamaları / Microwave blanching applications in fruit and vegetable processing</i> . . . . .	<b>171-177</b>
Şireli UT, Orhan CE; <i>Yoğurt dondurması (Frozen yoğurt) / Frozen yogurt</i> . . . . .	<b>179-185</b>

# Editörden,

---

Merhaba,

Dergimize gönderilen derleme makalelerde en az 50 kaynak ve bunların en az %75'inin son 5 yıla ait olma kuralı devam ediyor. Kuşkusuz, bu konuda çok katı değiliz ve toleransımız her zaman oldu. Bazen yazarlardan konu üzerinde son 5 yıla ait makale bulunma konusunda itirazlar geliyor. Buna karşı bizim yanıtımız ya yeterli kaynak taraması yapılmadığı ya da konunun eskimiş olduğu şeklinde.

Ancak, bazen yazar itirazının haklı olduğunu da görüyoruz. En azından GIDA Dergisinde benzer konu üzerinde derleme makalesi yoksa Editörler Kurulu kararı ile toleransımızı biraz daha artırmaya karar verdik. Bunun çok da yüksek bir tolerans olmayacağını ve derleme makalelerin dergide basım sırasının her zaman için İngilizce araştırma ve Türkçe araştırmalardan sonra geleceğini hatırlatmak isterim.

Önceki sayıda 2016 Edirne Ulusal ve 2018 Kapadokya Uluslararası kongrelerimiz için yapılan duyuruları yeni gelişmeler ile tekrarlıyorum. Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ile ortaklaşa yapacağımız Türkiye 12. Ulusal Gıda Kongresinin tarihi kesinleşti: 05-07 Ekim 2016. 04 Ekim 2016 tarihinde tam gün olarak ücretsiz Gıda Mikrobiyolojisi ve paralel olarak Bitkisel Yağ Analizleri kursları olacak. Kongre çarşamba sabahı başlayacak, cuma öğle saatinde bitecek. Cuma öğleden sonra Edirne şehir turu var. Cumartesi günü ise gününbirlik Balkan turu olacak. Devamında alternatif olarak Cumartesi-Pazar Balkan turu da var. Kongre web sayfası 2015 Haziran tarihinde kullanıma açılacak: [www.gidakongresi2016.org](http://www.gidakongresi2016.org)

Devamında, Kapadokya'da yapmayı planladığımız 3. Uluslararası Gıda Teknolojisi Kongresi için 2018 yılı sonbaharını kurşun kaleminden biraz daha silinmez bir kalem ile ajandanıza kaydedin.

Sevgi ve saygılarımla,

Prof. Dr. A. Kadir Halkman

## A Message from the Editor-in-Chief

---

Hello,

It continues the rule that the review articles, sent to our journal, must include at least 50 sources and at least 75% of them must belong to the last 5 years. Of course, we do not have strict rules about this subject and have shown the tolerance until now. It is sometimes taken the objections by authors about finding sources for related subject published in the last 5 years. Our response to this is usually: "Either no enough literature searching on the subject or the subject is quite old."

However, we sometimes see that the author's objection is right. At least, if there is no similar review article published in the Journal of Food, as the Editorial Board, we decided to increase of our tolerance a little more. I would like to remind that this tolerance will not be too high and the review articles will be published after English and Turkish research articles.

I would like to repeat the announcements, mentioned in previous issue, of the 12<sup>th</sup> National Food Congress in Edirne in 2016 and 3<sup>rd</sup> International Congress in Cappadocia in 2018, with the newest information. The date of the 12<sup>th</sup> National Food Congress, which will be organized collectively by the Trakya University Department of Food Engineering, announced as on 05-07<sup>th</sup> October 2016. On 04<sup>th</sup> October, there will be whole day food microbiology and vegetable oil analysis courses in parallel sections without attendance fee. The congress will begin on Wednesday morning and end at noon on Friday. Edirne city tour will be organized after Friday afternoon and, there will be the daily Balkans tour on Saturday. The congress web site will be open in October 2015. [www.gidakongresi2016.org](http://www.gidakongresi2016.org)

Subsequently, please save to your agenda of the 3<sup>rd</sup> International Congress in Cappadocia in 2018 autumn with a pen that is a little more indelible than a pencil.

Best Regards,  
Prof. A. Kadir Halkman

## CONCENTRATION OF D-PINITOL in CAROB EXTRACT by USING MULTI-STAGE ENRICHMENT PROCESSES

Hatice Reyhan Oziyci<sup>1\*</sup>, Irfan Turhan<sup>2</sup>, Nedim Tetik<sup>2</sup>, Asli Arslan Kulcan<sup>2</sup>,  
Tugba Akkoyun<sup>2</sup>, Ercan Yatmaz<sup>2</sup>, Mustafa Germec<sup>2</sup>, Mustafa Karhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alanya Hamdullah Emin Paşa University, Faculty of Tourism,  
Department of Gastronomy and Culinary Arts, Alanya-Antalya, Turkey

<sup>2</sup>Akdeniz University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Antalya, Turkey

Geliş tarihi / Received: 27.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 13.04.2015

Kabul tarihi / Accepted: 01.05.2015

### Abstract

D-pinitol, a cyclic sugar alcohol, is claimed to be a potential therapeutic compound related to the illnesses arising from insulin mechanism. Carob is a rich source of this compound and has recently begun to be used in different separation and purification studies for obtaining D-pinitol. In this study, different enrichment processes were applied to concentrate the D-pinitol content of the carob extract. To determine the effectiveness of the processes applied for concentration of the target compound in carob extract, removal of other impurities (mainly sugars) was used as an important indicator. According to the results; the highest increase in D-pinitol concentration was observed in the enrichment process combining the techniques such as ethanol fermentation, membrane filtration and solvent extraction. At the end of this multi-stage process, D-pinitol concentration increased approximately four-fold (37.53 g/100 mL dry weight) when compared to its initial level (9.38 g/100 mL dry weight) in carob extract.

**Keywords:** Carob, D-pinitol, enrichment, fermentation, ultrafiltration

## KEÇİBOYNUZU EKSTRAKTINDA BULUNAN D-PİNİTOLÜN ÇOK AŞAMALI ZENGİNLEŞTİRME PROSESİ İLE KONSANTRASYONU

### Özet

D-pinitol insülin mekanizması ile ilişkili hastalıkların tedavisinde kullanılabilme potansiyeli olan bir şeker alkolüdür. Bu şeker alkolü bakımından zengin olan keçiboynuzu meyvesi, D-pinitolün ayrıştırılması ve saflaştırılması amacıyla son yıllarda gerçekleştirilen birçok araştırmada materyal olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada keçiboynuzu ekstraktının D-pinitol içeriğini konsantre etmek amacıyla farklı zenginleştirme prosesleri kullanılmıştır. Hedef bileşiğin konsantre hale getirilmesi amacıyla kullanılan tekniklerin etkinliğini belirlemede keçiboynuzu ekstraktında bulunan diğer safsızlıkların (esas olarak şekerlerin) uzaklaştırılması önemli bir gösterge olarak kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; D-pinitol konsantrasyonundaki maksimum artış etanol fermantasyonu, membran filtrasyonu ve solvent ekstraksiyonu gibi tekniklerin beraber uygulanmasıyla elde edilmiştir. Bu çok aşamalı prosesin sonunda, keçiboynuzu ekstraktının sahip olduğu başlangıç D-pinitol miktarı (9.38 g/100 mL kuru madde) yaklaşık dört kat konsantre (37.53 g/100 mL kuru madde) hale getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Keçiboynuzu, D-pinitol, zenginleştirme, fermantasyon, ultrafiltrasyon

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ reyhan.oziyci@gmail.com,

© (+90) 242 513 6969,

☎ (+90) 242 513 6966

## INTRODUCTION

Carob is remarkably rich in minerals and carbohydrates but it also contains a large amount of condensed tannins (1, 2). In terms of carbohydrate composition, carob is particularly rich in saccharose (29.9-38.4 g/100g dry weight-DW), glucose (3.3-3.72 g/100g DW) and fructose (5.58-11.5 g/100g DW) (3, 4). Except for these sugars, xylose, maltose and raffinose have also been reported to be found in carob (5). Carob has also cyclic sugar alcohols-cyclitols (e.g. D-pinitol, *myo*-inositol, *chiro*-inositol, ononitol, sequoitol and bornesitol) as in the other plants (e.g. soybean) of Leguminosae family. Among these, D-pinitol concentration is very high (5-8 g/100 g DW) (6, 7).

D-pinitol, 3-O-methyl-D-*chiro*-inositol, is a water soluble, bioactive cyclitol and mainly found in the plants of Leguminosae family (8). D-pinitol, its derivatives and metabolites in nutritional and medicinal compositions have been reported to have possibility of being useful for lowering plasma free fatty acid levels and for treating conditions associated with insulin resistance, such as diabetes mellitus and its chronic complications; obesity; hypertension; cardiovascular disease; AIDS; cancer; malnutrition; aging; polycystic ovary syndrome etc. (9-13). It is not synthesized or transformed to the other compounds found in its metabolic pathway in living tissues (14). Therefore, its uptake should be provided by foods or food supplements.

Soybean has been mainly used as the main source for D-pinitol extraction. For this purpose, different multi-stage processes including most frequently the techniques such as microbial fermentation, chromatographic separation and solvent extraction have been carried out in that studies (15, 16). However, alternative sources containing higher levels of D-pinitol have begun to be searched because of containing only 1 % (DW) of D-pinitol in soybean. In this respect, carob with its high D-pinitol content (5-8 % DW) has taken much more attention in recently. But having more impurities (especially high sugar content – 40-50 % (DW) of carob) extracting of this functional compound from carob matrix is a major problem and the separation/purification can be obstructed from these compounds. Therefore, different investigations have been performed to separate sugars from cyclitols. For this purpose, especially

anionic and cationic ion exchange resins have been used (17, 18).

The main aim of this study was to find an alternative process to the known techniques in extraction of D-pinitol from carob. For this purpose, the extract subjected to different processes was monitored for the variations of D-pinitol and other impurities (mainly in sugars of saccharose, glucose and fructose) in the carob extract.

## MATERIAL and METHODS

### Material

Broken and deseeded carob kibbles were purchased from a local factory in Antalya, Turkey at the end of summer season of 2013. The carob kibbles were put into plastic lid boxes and stored at 4 °C until processing and analyzing.

### The Enrichment Processes

Different techniques such as clarification, ethanol fermentation, ultrafiltration (UF) and solvent extraction were combined to investigate the synergic effect of the techniques on removal of other impurities during concentration of D-pinitol from carob extract. Therefore, two different processes were designed and performed (Figure 1). These processes were similar in respect to the application of extraction, enzyme treatment and fermentation steps although having some differences (Figure 1 A and B).

The carob extraction conditions were 1:4 material-hot water ratio, 80 °C and 2 hours (19). After extraction, the carob extract was subjected to coarse filtration with cellulose filter. The clarification of the carob extract was performed in two steps: Enzyme treatment and hot clarification. In the enzyme treatment, both pectolytic and inversion activity were applied. The parameters used in clarification stage were determined with preliminary tests. For pectolytic enzyme treatment (50 °C, 50 µL/L (for each enzyme) and 45 minutes), a mixture of pectolytic enzymes (Pectinex Smash XXL and Pectinex Ultra Clear, Novozymes A/S, Denmark) was used. The main purposes of using the pectolytic enzyme mixture in both processes were to increase flocculation of pectic compounds thereby separation of them from the extract during the hot clarification stage and to transform the pectin found in the carob pod into an easily metabolizable form for the *Saccharomyces*

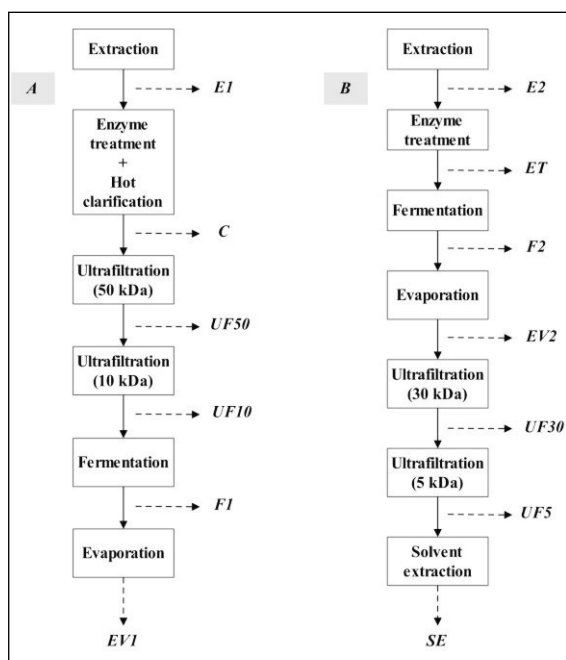


Figure 1. Schematic diagram of the processes and sample coding (A: First process, B: Second process)

*cerevisiae* yeast during the ethanol fermentation stage, respectively. The main monomers of pectin are glucose, L-arabinose and D-galacturonate. From these monomers, only glucose can be used by wild-type *S. cerevisiae* strains. However, significant progress about utilization of pentoses such as D-xylose and L-arabinose by metabolically engineered *S. cerevisiae* strains has been made recently (20, 21). For invertase treatment, invertase (Invertase, MP Biomedicals, California, USA) enzyme was used and the optimum conditions (30 °C, 1 % inoculation rate (v/v) and 2 hours) for invertase usage were determined with preliminary tests. Fining agents of bentonite (5 % w/v), gelatin (5 % w/v) and kieselsol (1.5 % v/v) were used in the hot clarification applied at 50 °C for 3 hours. The agents were added in different proportions (4-6 g/L for bentonite; 1-3 g/L for gelatin; 3-6 mL/L for kieselsol) to the carob extract heated to 50 °C and incubated in this temperature in a water bath (Jeio Tech, BS-06/31, Seoul, Korea). The optimum combination (6 g/L for bentonite; 3 g/L for gelatin; 4.5 mL/L for kieselsol) of fining agents was determined with preliminary tests. After the incubation, the clarified carob extract was obtained with coarse filtration.

Clarified carob extracts were subjected to UF process (2.5 bar for inlet, 0.5 bar for outlet pressure;

room temperature, permeate:retentate ratio: 80%, Sartorius Stedim, Sartocon Slice 200, Goettingen, Germany). Molecular weight cut-off (MWCO) rates of the UF membrane filters were different for the two processes (50 and 10 MWCO for the first and 30 and 5 MWCO for the second process).

The carob extract obtained from the second UF process as permeate was subjected to the ethanol fermentation. In the fermentation, *S. cerevisiae* (ATCC 36858) was chosen as the fermentation yeast because of its performance in sugar assimilation and conversion of D-pinitol derivatives to the free D-pinitol form (16). The ethanol fermentation conditions were performed according to Turhan, Bialka, Demirci and Karhan (19). The fermentation was carried out with a bio-reactor (Sartorius Stedim, Biostat B Plus, Germany) using the conditions of % 1 (v/v) inoculation rate, 30 °C, 150 rpm and 30 hours. The pH value of the extract was adjusted to 5.5 only in the beginning of the fermentation with a 4 N Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution and during the fermentation, no solution was added to stabilize the pH. For the fermentation, carob extract did not enrich with any additional nutrient. Therefore the yeast was obliged to use the nutrients inherently found in the extract. The incubation was terminated according to the time the yeast begun to use D-pinitol as the carbon source (30 hours). After the process, the fermented carob extract was evaporated in order to remove the ethanol from the final product (Evaporation with Heidolph, HEI-VAP Value, Germany at 40 °C, 200 mbar and 20 rpm).

The second enrichment process was slightly different from the first one. The process parameters of the second enrichment process for extraction, enzyme treatment, ethanol fermentation, evaporation and ultrafiltration were the same with the first process. Accordingly; the carob extract was only subjected to enzyme treatment but was not clarified, then fermented. After removal of ethanol by evaporation, the extract was gradually ultrafiltered (first with a 30 kDa MWCO then 5 kDa MWCO). Final enrichment process for the carob extract was solvent extraction with ethanol (Figure 1-B). This treatment was performed with reference to Shin, Jeon, Kim and Choi (16), but with slight modifications. Accordingly; the carob extract was first evaporated to 50 °Bx then mixed with 96 % of ethanol solution in the range of 1:3 (extract:ethanol).

The mixture was stirred with a vortex and centrifuged at 3000 rpm for 5 minutes. After centrifugation, supernatant was evaporated fractionally with distilled water to remove ethanol from the extract.

### Analytical Methods

#### Determination of Sugars and D-pinitol

D-pinitol, saccharose, glucose and fructose compounds were determined according to the method described by Tetik, Turhan, Oziyci and Karhan (7) with a HPLC solvent delivery system (Shimadzu LC-20 AD) equipped a guard column (CARBOsep Coregel 87P, 4 X 20 mm<sup>2</sup>; Transgenomic, Omaha, NE, USA) connected to an analytical column (CARBOsep Coregel 87P, 7.8 X 300 mm<sup>2</sup>; Transgenomic, Omaha, NE, USA), a Shimadzu RID-10A refractive index detector, Shimadzu SIL-20A autosampler and a Shimadzu CTO-20A column oven. Chromatographic conditions were: 85 °C, 0.6 mL/min of flow rate for mobile phase (Milli-Q water), 20 µL injection volume at isocratic elution. The samples diluted 1/200 times were passed through a 0.45 µm membrane filter (CHROMAFIL® PET-45/25; Macherey-Nagel, Düren, Germany) before injection. The external standards of D-pinitol, saccharose, glucose and fructose were (50-500 µg/mL) used for the quantification.

#### Determination of Soluble Solids and Total Dry Matter

The soluble solids and total dry matter were analyzed according to Cemeroglu (22). The soluble solids measurements were carried out using an

Abbe refractometer (ATAGO®, NAR-1T, Japan) at 25 °C. The total dry matter analysis was carried out using a universal oven at 70 °C for 48 hours (Memmert, UF 110 Plus, Germany). The total soluble solids values were used for the normalization of the D-pinitol concentrations obtained after from each process was applied and the total dry matter values were used to express the last D-pinitol concentrations reached on a basis of dry matter.

#### Determination of Ethanol

Ethanol concentrations of the fermented carob extracts were measured with an YSI 2700 bioanalytical system (YSI Life Sciences, OH, USA). An ethanol standard of 3.20 g/L was used for the calibration of the equipment. The samples were diluted according to the calibration range of the system before measurement.

#### Statistical Analysis

The data were assessed by using SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Factorial analysis of variance and Duncan's multiple comparison test (when necessary) were used at significance level,  $P=0.05$ . Values of all parameters were the average of four different measurements and expressed in the tables/graphs as mean  $\pm$  standard deviation.

## RESULTS and DISCUSSION

### Variation in Sugar Contents of The Carob Extracts During The First and Second Processes

Sugars (approximately 40-50 % based on dry matter of the carob fruit) are the major obstructive impurities in carob extract for D-pinitol extraction.

Table 1. Sugar and D-pinitol contents of the samples from different stages of the first and second processes

Process	Stage	Saccharose (g/L)	Glucose (g/L)	Fructose (g/L)	D-pinitol (g/L)	Soluble Solids (°Bx)
First	E1	53.00 $\pm$ 2.08	10.74 $\pm$ 0.59	13.87 $\pm$ 2.64	10.14 <sup>a</sup> $\pm$ 0.47	11.03 <sup>a</sup> $\pm$ 1.37
	C	n.d.	37.92 $\pm$ 1.15	34.86 $\pm$ 4.07	9.45 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.52	11.38 <sup>a</sup> $\pm$ 0.61
	UF50	n.d.	39.58 $\pm$ 2.37	34.04 $\pm$ 2.54	9.74 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.71	10.88 <sup>a</sup> $\pm$ 0.73
	UF10	n.d.	39.06 $\pm$ 2.70	34.41 $\pm$ 2.20	9.65 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.14	11.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.70
	F1	n.d.	n.d.	n.d.	8.76 <sup>c</sup> $\pm$ 0.50	6.08 <sup>b</sup> $\pm$ 0.56
	EV1	n.d.	n.d.	n.d.	12.24 <sup>a</sup> $\pm$ 0.47	6.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.72
Second	E2	59.52 $\pm$ 0.65	12.10 $\pm$ 0.26	12.48 $\pm$ 0.69	12.15 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15	12.85 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07
	ET	n.d.	46.18 $\pm$ 0.11	40.24 $\pm$ 0.21	13.24 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	13.30 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00
	F2	n.d.	n.d.	n.d.	16.55 <sup>d</sup> $\pm$ 0.84	9.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07
	EV2	n.d.	n.d.	n.d.	22.34 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.08	9.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07
	UF30	n.d.	n.d.	n.d.	22.71 <sup>b</sup> $\pm$ 0.44	11.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14
	UF5	n.d.	n.d.	n.d.	21.34 <sup>a</sup> $\pm$ 0.41	8.60 <sup>a</sup> $\pm$ 0.28
	SE	n.d.	n.d.	n.d.	75.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.91	22.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00

n.d.: The compound was not detected during the analysis with HPLC.

Different letters in the same column indicate statistically significance between mean values ( $P<0.05$ ).



So far, yeasts have been successfully used for the purification and removal of mono- and disaccharide by products from carbohydrate preparations (23). Also in this study, the most successive technique for removal of sugars from carob extract was the ethanol fermentation by using *S. cerevisiae*.

Because the yeast preferred using glucose and fructose instead of D-pinitol as carbon source (Table 1). Indeed, fermentation yeasts have been successfully used in the previous studies to remove the sugars from D-pinitol (15, 16, 24).

Besides; although the main aim of this study was not to produce ethanol, after the fermentations,  $34.34 \pm 2.82$  g/L and  $57.72 \pm 0.42$  g/L of ethanol were obtained from the first and second fermentations as by-product. These ethanol concentrations were similar to the studies reported about ethanol production from carob pod (19, 25). However, there was a negative effect of the processes applied before ethanol fermentation step on the ethanol production performance of the yeasts. This might be due to the separation of the possible substrate compounds with the effect of the processes such as clarification and ultrafiltration.

#### Variation in D-pinitol Contents of The Carob Extracts During The First and Second Processes

The variations in D-pinitol contents of the samples taken after each completed-process were monitored (Table 1, Figure 2). The D-pinitol concentrations of the samples were changed from 8.76 (E1 in Figure 2) to 12.24 g/L EV 1 in Figure 2) and from 12.15 (E2 in Figure 2) to 75.84 g/L (SE in Figure 2) in the first process and second processes, respectively. However, because all the groups had different soluble solids values; all data were normalized according to the lowest soluble solids value in each process ( $6.08$  °Bx for first (E1) and  $8.60$  °Bx (E2) for second process) to facilitate interpretation of the results (Table 1). Considering the normalized data (Figure 2), the second enrichment process was more successful than the first one in terms of concentration of D-pinitol. Especially ethanol fermentation, ultrafiltration with 5 kDa MWCO and solvent extraction had a significant effect on this increment (Figure 2). The results indicated that both the process type and the process order were very significant for the concentration of D-pinitol from the carob extract.

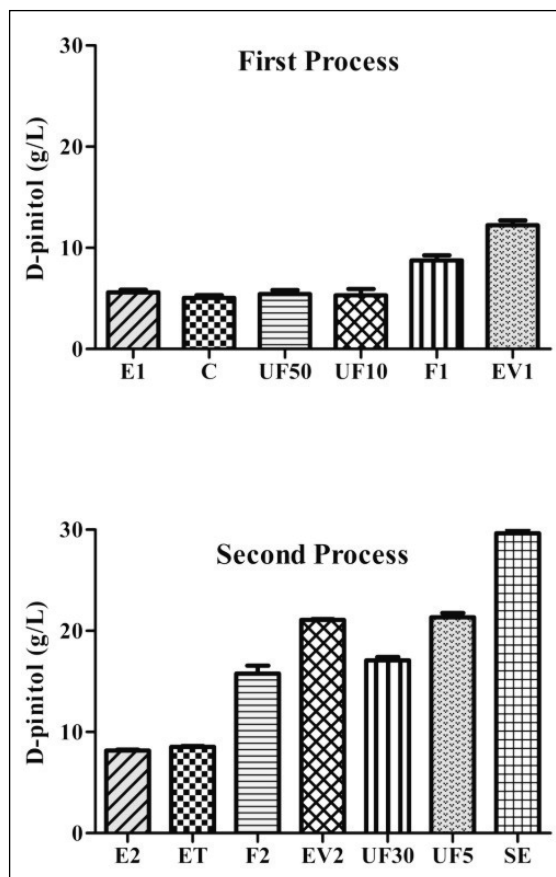


Figure 2. Variation in D-pinitol concentrations from the different stages of the processes (Normalized according the lowest soluble solids value in the same process)

Although the clarification step had no positive impact on the enrichment of D-pinitol, the enzyme treatment (pectolytic and invertase enzymes) was necessary to transform the carbohydrates into an easier form that would be used by the fermentation yeasts as the carbon source. In terms of ultrafiltration; membrane filters higher than 10 kDa MWCO were not effective to separate the D-pinitol compound from the extract. Ultrafiltration can be used for enhancing the D-pinitol concentration of carob extract but its operating order should be after ethanol fermentation. Solvent extraction was the other effective treatment for removal of other impurities from the carob extract (Figure 2).

The influence of the two processes was interpreted by the comparison of D-pinitol concentrations in dry weight basis. Accordingly; the initial and last concentrations of D-pinitol were 8.49 and 21.44 g/100 mL DW for the first and 9.38 and 37.53

g/100 mL DW for the second processes (Figure 3). Results indicated that there was a 2.5-fold increment in D-pinitol concentration in the first process while this increment was 4-fold in the second process.

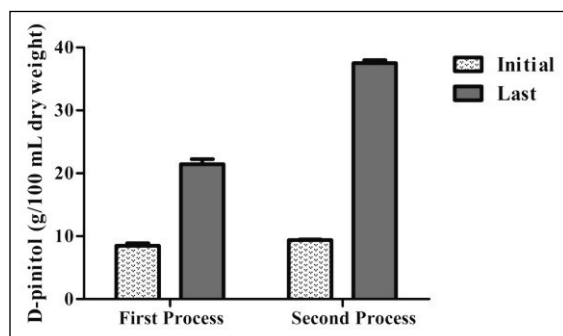


Figure 3. Comparison of the processes in terms of the enrichment of D-pinitol from carob extract

## CONCLUSION

The pretreatments are very important if related matrix has a lot of impurities which obstruct the enrichment/purification of a target compound. Many complex separation techniques such as active charcoal column chromatography and ion exchange resins have been defined to obtain D-pinitol products in high purity. However, these techniques are very expensive and difficult to apply. Therefore, pre-purification processes should be in purification steps in order to increase the efficiency of main-purification process/processes.

In this study, different enrichment processes were applied to the carob extract in order to compare their effectiveness on separation of other impurities during the concentration of D-pinitol from carob extract. According to the results; ethanol fermentation, membrane filtration with a membrane filter pore size lower than 5 kDa and solvent extraction were found to be successful for the enrichment purpose when used in combination.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by Akdeniz University Research Foundation and Cost FA1001 Action (The Application of Innovative Fundamental Food-Structure-Property Relationships to the Design of Foods for Health, Wellness and Pleasure). The authors thank to Yenigün Food, Inc. (Antalya, Turkey) for the material supply.

## REFERENCES

- Battle, I, Tous, J. 1997. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Carob tree: *Ceratonia siliqua* L. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Bravo, L, Saura-Calixto, F. 1994. Composition and potential uses of mesquite pods (*Prosopis pallida* L): comparison with carob pods (*Ceratonia siliqua* L). *J. Sci. Food Agric.*, 65, 303-306.
- Avallone, R, Plessi, M, Baraldi, M, Monzani, A. 1997. Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, fat, carbohydrates, and tannins. *J. Food Compos. Anal.*, 10, 166-172.
- Biner, B, Gubbuk, H, Karhan, M, Aksu, M, Pekmezci, M. 2007. Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chem.*, 100, 1453-1455.
- Petit, MD, Pinilla, JM. 1995. Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *LWT - Food Science and Technology*, 28, 145-152.
- Baumgartner, S, Genner-Ritzmann, R, Haas, J, Amado, R, Neukom, H. 1986. Isolation and identification of cyclitols in carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). *J. Agric. Food. Chem.*, 34, 827-829.
- Tetik, N, Turhan, I, Oziyci, HR, Karhan, M. 2011. Determination of D-pinitol in carob syrup. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 62, 572-576.
- Poongothai, G, Sripathi, SK. 2013. A review on insulinomimetic pinitol from plants. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4, 992-1009.
- Ostlund, RE, Sherman, WR. October 1998. Pinitol and derivatives thereof for the treatment of metabolic disorders, US Patent US5827896 A.
- Kim, JI, Kim, J, Kang, MJ, Lee, MS, Kim, JJ, Cha, IJ. 2004. Effects of pinitol isolated from soybeans on glycaemic control and cardiovascular risk factors in Korean patients with type II diabetes mellitus: a randomized controlled study. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 59, 456-458.
- Geethan, P, Prince, P. 2008. Antihyperlipidemic effect of D-pinitol on streptozotocin-induced diabetic wistar rats. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 22, 220-224.

12. Lin, TH, Tan, TW, Tsai, TH, Chen, CC, Hsieh, TF, Lee, SS, Liu, HH, Chen, WC, Tang, CH. 2013. D-pinitol inhibits prostate cancer metastasis through inhibition of  $\alpha V\beta 3$  integrin by modulating FAK, c-Src and NF- $\kappa$ B pathways. *Int. J. of Mol. Sci.*, 14, 9790-9802.
13. Nestler, JE, Jakubowicz, DJ, Reamer, P, Gunn, RD, Allan, G. 1999. Ovulatory and metabolic effects of D-chiro-inositol in the polycystic ovary syndrome. *N. Engl. J. Med.*, 340, 1314-1320.
14. Lin, X, Ma, L, Gopalan, C, Ostlund, RE. 2009. D-chiro-Inositol is absorbed but not synthesised in rodents. *Br. J. Nutr.*, 102, 1426-1434.
15. Streeeter, JG. 2001. Simple partial purification of D-pinitol from soybean leaves. *Crop Sci.*, 41, 1985-1987.
16. Shin, YC, Jeon, YJ, Kim, JJ, Choi, CM. October 2003. Method of recovering pinitol or chiro-inositol in high yield from soy fractions, US Patent US20030186401 A1.
17. Camero, BM, Merino, CS. March 2004. Method of obtaining pinitol from carob extracts. US Patent US6699511 B2.
18. Rabinowitz, I. March 1992. Chromatographic method of purifying cyclitols, US Patent US5096594 A.
19. Turhan, I, Bialka, KL, Demirci, A, Karhan, M. 2010. Ethanol production from carob extract by using *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresour. Technol.*, 101, 5290-5296.
20. Wisselink, HW, Toirkens, MJ, Wu, Q, Pronk, JT, Van Maris, AJ. 2009. Novel evolutionary engineering approach for accelerated utilization of glucose, xylose, and arabinose mixtures by engineered *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Appl. Environ. Microbiol.*, 75, 907-914.
21. Hahn-Hägerdal, B, Karhumaa, K, Jeppsson, M, Gorwa-Grauslund, MF. 2007. Metabolic engineering for pentose utilization in *Saccharomyces cerevisiae*, *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology: Biofuels*, 108, 147-177.
22. Cemeroglu, B. 2007. Gıda Analizlerinde Genel Yöntemler, *Gıda Analizleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara, 535 p.
23. Yoon, SH, Mukerjea, R, Robyt, JF. 2003. Specificity of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in removing carbohydrates by fermentation. *Carbohydr. Res.*, 338, 1127-1132.
24. Agrawal, P, Rabinowitz, I. May 1997. Method of purifying cyclitols, US Patent US5626847 A.
25. Roukas, T. 1993. Ethanol production from carob pods by *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Biotechnol.*, 7 (1993) 159-176.

## Yazım Kuralları

GIDA (2009) 34 (1): 55-58

[www.gidadernegi.org/](http://www.gidadernegi.org/) Gıda Dergisi / Yayın kuralları

## Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu

GIDA (2009) 34 (1): 65

[www.gidadernegi.org/](http://www.gidadernegi.org/) Gıda Dergisi / Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu

## Son Kontrol Listesi

GIDA (2009) 34 (1): 66

[www.gidadernegi.org/](http://www.gidadernegi.org/) Gıda Dergisi / Son Kontrol Listesi

adreslerinden erişilebilir. Yazarlar, makale göndermeden önce yazım kurallarını tam olarak okumalı ve makalelerini burada verilen kurallara göre hazırlamalıdır.

## EFFECT OF BACTERIAL CELLULOSE AS A FAT REPLACER ON SOME QUALITY CHARACTERISTICS OF FAT REDUCED SUCUK

Aylin Akoğlu<sup>1\*</sup>, İbrahim Çakır<sup>2</sup>, İlker Turan Akoğlu<sup>2</sup>,  
Aynur Gül Karahan<sup>3</sup>, M. Lütfü Çakmakçı<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Abant İzzet Baysal University, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Bolu, Turkey

<sup>2</sup>Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Food Engineering, Bolu, Turkey

<sup>3</sup>Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Food Engineering, Isparta, Turkey

<sup>4</sup>Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Ankara, Turkey

Geliş tarihi / Received: 05.02.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 24.04.2015

Kabul tarihi / Accepted: 01.05.2015

### Abstract

Bacterial cellulose (BC) produced by *Gluconacetobacter* sp. A06O2 strain was used as a fat replacer in sucuk (Turkish dry fermented sausage) and effect on some quality characteristics of sucuk was investigated in the present study. Moisture and protein contents of sucuk samples increased with decreasing fat levels and increasing BC levels. While the addition of BC affected hardness value, it did not affect gumminess and chewiness values of sucuk samples. Reducing fat content caused increasing of *a* and *b* values and decreasing of *L* value ( $P > 0.05$ ). No significant differences were observed in odour, color, texture, flavor and overall acceptability between samples. The results indicated that BC could be used as fat replacer in the production of reduced fat dry fermented sausages.

**Keywords:** Bacterial cellulose, sucuk, fat replacer, quality characteristic

## YAĞI AZALTILMIŞ SUCUĞUN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK KULLANILAN BAKTERİYEL SELÜLOZUN ETKİSİ

### Özet

Bu çalışmada *Gluconacetobacter* sp. A06O2 suşundan elde edilen bakteriyel selüloz (BS) sucukta yağ ikame maddesi olarak kullanılmış ve sucuğun bazı kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Yağ seviyesi azaldıkça ve BS miktarı arttıkça sucuk örneklerinin nem ve protein değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. BS ilavesi sertlik değerine etki ederken, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine etki etmemiştir. Yağ içeriğindeki azalış *a* ve *b* değerlerinin artışına *L* değerinin azalışına neden olmuştur ( $P > 0.05$ ). Tat, koku, renk, tekstür ve genel beğeni açısından örnekler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ( $P > 0.05$ ). Bu sonuçlar yağ azaltılmış fermente sucuk üretiminde bakteriyel selülozun yağ ikame maddesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bakteriyel selüloz, sucuk, yağ ikame maddesi, kalite özellikleri

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ aylinakoglu@ibu.edu.tr, ☎ (+90) 374 254 1000/2490,

☎ (+90) 374 253 5551

## INTRODUCTION

Consumer awareness of the potential health risk associated with the consumption of high-fat foods has increased over the last decades. Several chronic diseases such as obesity, cardiovascular diseases, colon cancer related with dietary fat have been serious problems for consumers (1). Therefore, several health-related organizations such as American Heart Association, American Cancer Society, World Health Organization have recommended to limit total fat intake (2). In order to produce healthier meat products, the food industry has been led to develop new formulations or modify traditional food products having a reduced fat content (1).

Sucuk (Turkish dry fermented sausage) is one of the most important and widely consumed traditional Turkish meat products. It is a type of dry, uncooked, cured, fermented sausage. It consists of ground meat and sheep tail fat, and curing ingredient (nitrite or nitrate), with various spices including cumin, garlic, salt, and black and red pepper. This mixture is stuffed into a natural sucuk casing (mostly cattle small intestines), hung for fermentation (ripening period) for several weeks at ambient temperature and humidity. It has been produced and consumed around the Balkans and the Middle East for decades. It is also consumed in European countries such as Germany (3).

Sucuk which is produced from fresh meat and fat has a high fat content, and the fat globules are visible when the product is sliced. Its initial fat content is generally around 10–20 %. However, fat content reaches to 30–40 % after the ripening period (4). Therefore, some attempts about replacement of fat with the various types of oils as well as evaluation of the effect of fat levels in the sucuk production have been made. As a result of these studies, it was suggested that the use of olive oil, sunflower oil, pre-emulsified hazelnut oil and interesterified plant oils as fat replacer might give a healthier option to consumers due to higher levels of unsaturated and essential fatty acids without any significant negative sensorial characteristics (3). Increased proportions of fiber in foods are known to reduce the risk of cancer of the colon, obesity, cardio-vascular diseases and several other disorders. However, the studies on the sucuk containing dietetic fiber as fat replacer are rather scarce.

BC is a ribbon-shaped fiber and produced by *Gluconacetobacter xylinus*. The structure of BC is similar to cellulose and is regarded as an insoluble, noncaloric dietary fiber. BC showed possible application to versatile processed foods through its unique suspending, thickening, water-holding, stabilizing, bulking, and fluid properties. Feeding with BC caused a reduction in food retention in the intestine and an increased secretion of bile acids in feces of rats (5). It was also reported that the efficacy of BC in lowering serum lipids and cholesterol in hamsters was significantly higher than that of plant cellulose (6). In addition, BC has been determined to be "generally recognized as safe" (GRAS) and accepted for by the Food and Drug Administration in 1992 (7). Although several dietary fibers with plant origin have been used in various types of foods, there is only one study about the use of BC for fat reduction in the meat products. Lin & Lin (5) studied on the physicochemical, textural, and quality characteristics of Chinese-style meatball (20 % fat) containing varying levels of bacterial cellulose. They proposed that BC showed potential as a functional ingredient in Chinese-style emulsified meat products. Therefore, the aim of this study is to determine the effect of fat reduction and addition of bacterial cellulose on some quality characteristics such as the chemical, texture, color and sensory properties of reduced fat sucuk.

## MATERIAL and METHODS

### Bacterial Strain and Cultivation Conditions

*Gluconacetobacter* sp. A06O2 strain previously determined as BC producer with a high amount of BC was used in this study (8). The strain was propagated in HS medium contains glucose 20 g/ L, peptone from casein 5 g/ L, yeast extract 5 g/ L, disodium hydrogen phosphate 2.7 g/ L, citric acid 1.5 g/ L in distilled water (9).

### Production and Purification of BC

The strain was inoculated to 1 L HS broth in the sterile glass tray. Incubation was performed at 28 °C for 10 days in static condition. After incubation, the pellet was boiled in 0.1 N NaOH solution for 20 min to remove bacterial cells and medium components. The cellulose pellet was then rinsed 3 times with deionized water and homogenized (10).

### Formulation and Process of Sucuk

Sucuk batters with different BC and fat contents were prepared in order to determine chemical, texture, color and sensory changes in the samples. Different levels of BC (0 %, 5 %, 10 %, 15 % and 20 %) were added to sucuk batters including 20 %, 15 %, 10 %, 5 % and 0 % of fat, respectively and so four different treatments were prepared. Control group contained no BC but only 20 % fat. Their compositions are given in Table 1. Beef meat was mixed with other ingredients and this mixture was minced through a plate with 4 mm orifices, allowed to stand overnight at 4 °C (day 0), and then stuffed into 36 mm diameter collagen casings (Pabay Co., Istanbul, Turkey) using a hydraulic filling machine (Yuneka Metal Co., Bursa, Turkey). Then sucuk samples were hung on stainless steel hangers and allowed to equilibrate at 20 °C and 70 % relative humidity (RH) for 6–8 h. They were placed in a ripening chamber (Biogen Co., Ankara, Turkey) equipped with a process control system. The ripening programs were as follows: 3 days at 22 °C and RH 90 ± 2 %, 4 days at 20 °C and RH 85 ± 2 %, and 7 days at 18 ± 1 °C and RH 80 ± 2 %. The fresh air (0.2 m s<sup>-1</sup>) was circulated 4 or 5 times a day for 15 min (11, 12). Sucuk samples were dipped into K-sorbate solution (1%) to prevent surface mold growth during fermentation. At the end of day 15, pH values were in the range of 4.9-5.1 and thus the fermentation was ended. The samples were placed into the bags and vacuum packaged in a discontinuous packer (Atek, AATV 2X65, Turkey). All samples were stored at 4 °C until analysis.

### Chemical Analysis

Moisture (oven air-drying), protein (Kjeldhal nitrogen) and ash (muffle furnace) contents were determined according to the Association of Official Analytical Chemists (13). Fat content was analyzed according to Soxhlet method. All determinations were performed in duplicate.

### Color Analysis

Color analysis was made with a Hunter Lab colorimeter (Minolta CM-3600D, Japan) using the color space CIE lightness *L*, redness *a* and yellowness *b* system. Sucuk samples were cut and obtained three slices for each sample. Measurements were performed at four points on the central part of the cut surface at room temperature (14).

### Textural Profile Analysis

The textural properties of the samples were determined using a texturometer (Lloyd TA Plus, USA). Each sample was divided into five slices having a 25 mm diameter and 10 mm high. These slices were compressed twice to 50 % of their original height with 1 mm s<sup>-1</sup> crosshead speed. Some parameters such as hardness (N), gumminess (N), springiness (mm), chewiness (N mm) and cohesiveness were determined (15).

### Sensorial Analysis

Ten experienced panelists, staff members of the department of food engineering in Ankara University were chosen and informed about sensorial evaluation of sucuk. A test was carried out using hedonic scales in which the panelists evaluated different attributes: odour, color, texture,

Table 1. Formulation of sucuk samples  
Çizelge 1. Sucuk örneklerinin formülasyonu

Ingredients	Samples				
	Control 20% fat, 0% BC	G1 15% fat, 5% BC	G2 10% fat, 10% BC	G3 5% fat, 15% BC	G4 0% fat, 20% BC
Beef meat (g)	2000	2000	2000	2000	2000
Fat (g)	400	300	200	100	0
Bacterial cellulose (g)	0	100	200	300	400
Salt (2 %)	48	48	48	48	48
Sugar (0.2 %)	4	4	4	4	4
Garlic (1.2 %)	29	29	29	29	29
Red pepper (0.9 %)	22	22	22	22	22
Black Pepper (0.5%)	12	12	12	12	12
Cumin (0.6 %)	15	15	15	15	15
Na-Nitrite (0.05 %)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Starter culture (0.27 %)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

flavor and overall acceptability (0 = very unpleasant and 10 = very pleasant). The averages of scores were calculated and then the samples were sorted for preferences of panelists.

### Statistical Analysis

An analysis of variance was used to evaluate the effects of different concentrations of BC and fat on the overall attributes of sucuk. The differences were tested by Duncan's Multiple Range Test at a confidence level of 5 % ( $P < 0.05$ ) using the SPSS statistical package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## RESULTS and DISCUSSION

### Chemical Analysis

Some chemical properties of the sucuk samples are given in Table 2. Reduction of fat content and addition of BC in different rates had a significant effect ( $P < 0.05$ ) on all chemical properties. Moisture contents of the sucuk samples varied between 33.78 % and 39.91 %. The treatments with reduced fat had higher in moisture content than that of the treatment with control. This is probably due to the water holding capacity of BC. Similar results were reported for other fat replacers such as  $\beta$ -glucan, starch and commercial fat replacers at different researches (16-19). Addition of BC also caused an important increase in ash content ( $P < 0.05$ ). As expected, it was also determined an increase in protein contents ( $P < 0.05$ ), because fat replaced with lean meat in the original formula. The final fat content of the control was 19.02 %,

which was similar to traditional fermented sausages (4, 20). Conversely, the G1, G2, G3 and G4 treatments had final fat contents of 17.98 %, 11.70 %, 10.70 % and 5.17 %, representing an approximately 2 %, 40 %, 50 % and 70 % reduction in the fat content, respectively. Although the fat contents of the groups showed a relative decrease, the data were not correlated with added fat into the batter. These results could be attributed to the differences in fat distribution within the sucuk mass.

### Texture Profile Analysis

Texture profile (hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness) of sucuk samples were compared with each other and results were given in Table 3. The treatment with control had significantly higher hardness value than the treatments with reduced fat, which demonstrate that the addition of BC has effect on this parameter. This may be explained by water holding capacity of BC which provided high moisture. Some researchers showed similar results in their studies about using diet fiber to reducing fat content (21, 22). As gumminess and chewiness increased, pasty gummy sucuk were formed and sucuk became tougher during the ripening period (23). In the present study gumminess and chewiness values was not increased with addition of BC and this result is desirable in terms of quality of structure. Cohesiveness values of G3 and G4 samples are different from the control sample. It is showed that increase of BC content has an effect on cohesiveness value of sucuk. Springiness values

Table 2. Chemical properties of the sucuk samples after ripening period  
Çizelge 2. Sucuk örneklerinin olgunlaştırma sonrası kimyasal özellikleri

	Control	G1	G2	G3	G4
Moisture (%)	33.78 ± 2.69 <sup>b</sup>	36.16 ± 1.51 <sup>ab</sup>	37.52 ± 3.41 <sup>ab</sup>	39.28 ± 0.09 <sup>ab</sup>	39.91 ± 0.29 <sup>a</sup>
Protein (%)	33.36 ± 1.43 <sup>c</sup>	32.75 ± 1.19 <sup>c</sup>	33.75 ± 0.33 <sup>bc</sup>	35.77 ± 0.37 <sup>b</sup>	39.58 ± 0.22 <sup>a</sup>
Fat (%)	19.02 ± 0.77 <sup>a</sup>	17.98 ± 0.69 <sup>a</sup>	11.70 ± 1.23 <sup>b</sup>	10.70 ± 1.36 <sup>b</sup>	5.17 ± 0.54 <sup>c</sup>
Ash (%)	4.06 ± 0.80 <sup>c</sup>	5.21 ± 0.41 <sup>bc</sup>	5.85 ± 0.40 <sup>ab</sup>	6.21 ± 0.24 <sup>ab</sup>	6.79 ± 0.60 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Values with the different superscript letters in the same line show significant differences ( $p < 0.05$ )

Table 3. Textural properties of the sucuk samples after ripening period  
Çizelge 3. Sucuk örneklerinin olgunlaştırma sonrası tekstürel özellikleri

	Control	G1	G2	G3	G4
Hardness, N	28.83 ± 1.62 <sup>b</sup>	24.00 ± 1.64 <sup>b</sup>	23.78 ± 1.32 <sup>b</sup>	16.13 ± 0.93 <sup>c</sup>	40.64 ± 1.17 <sup>a</sup>
Gumminess, N	13.19 ± 0.59	12.22 ± 2.43	11.69 ± 1.82	9.65 ± 0.74	9.97 ± 4.19
Springiness, mm	14.03 ± 0.01 <sup>a</sup>	14.03 ± 0.01 <sup>a</sup>	10.98 ± 4.29 <sup>ab</sup>	14.03 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.49 ± 1.38 <sup>b</sup>
Chewiness, N mm	185.02 ± 8.16 <sup>a</sup>	171.43 ± 34.18 <sup>a</sup>	124.48 ± 30.17 <sup>ab</sup>	135.36 ± 10.57 <sup>a</sup>	71.76 ± 17.60 <sup>b</sup>
Cohesiveness	0.46 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.51 ± 0.07 <sup>bc</sup>	0.49 ± 0.05 <sup>bc</sup>	0.60 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.10 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup> Values with the different superscript letters in the same line show significant differences ( $p < 0.05$ )



of samples are not significantly different from each other except G4 sample. Springiness was significantly related to moisture content of sucuk and also affected to the elastic properties of sucuk. Decreasing the springiness value indicates that elasticity of sucuk is lost possibly due to the removal of water (23). In the present study, springiness values were not changed since BC prevented to removal water.

### Color Analysis

The changes of Hunter *L*, *a*, *b* values in sucuk samples are given in Table 4. In the present study, the control sample showed higher *L* value compared to treatments with reduced fat content. In general manner, the fat reduction yield a decrease in lightness related to the lack of the lower brilliant aspect associated with the presence of fat (24). Papadima and Bloukas (25) also reported that increasing fat levels resulted in higher *L* values. However this decrease in lightness was not observed significantly ( $P > 0.05$ ). While the increase of *b* values of samples was not found important significantly ( $p > 0.05$ ), variation of *a* value was observed significantly ( $P < 0.05$ ). Differences in *a* value can be ignored since the values are so close to each other. Dos Santos et al. (14) also indicated that 50 % reduction in fat and the addition of 3 %, 6 % or 9 % fructooligosaccharides did not change the *a* and *b* values at the end of production. Similarly, Muguerza et al. (26) detected no difference in colour between control fermented sausages and sausages in which pre-emulsified olive oil replaced 30% of the pork fat. These results are to say, no significant effect of addition of BC on sucuk color parameters was observed in the current study.

Table 4. Colour attributes (Hunter *L*, *a*, *b*) of the sucuk samples after ripening period  
Çizelge 4. Sucuk örneklerinin olgunlaştırma sonrası renk özellikleri (Hunter *L*, *a*, *b*)

Hunter colour	Control	G1	G2	G3	G4
L	41.72 ± 3.83	40.99 ± 1.10	39.25 ± 3.33	44.25 ± 2.27	38.58 ± 3.18
a	15.77 ± 0.62 <sup>ab</sup>	16.34 ± 0.14 <sup>b</sup>	16.49 ± 0.19 <sup>b</sup>	15.25 ± 0.54 <sup>a</sup>	16.00 ± 0.04 <sup>ab</sup>
b	15.21 ± 1.13	16.32 ± 0.48	14.24 ± 1.43	15.84 ± 0.69	15.50 ± 0.64

<sup>ab</sup> Values with the different superscript letters in the same line show significant differences ( $p < 0.05$ )

Table 5. Sensory properties of the sucuk samples after ripening period  
Çizelge 5. Sucuk örneklerinin olgunlaştırma sonrası duyu özellikleri

	Control	G1	G2	G3	G4
Odour	6.3	5.9	6.4	7.1	6.5
Color	6.4	6.4	7.1	7.8	6.8
Flavor	7.0	6.0	6.4	7.3	6.0
Texture	6.3	6.1	6.0	6.9	6.0
Overall acceptability	6.1	6.5	7.1	7.5	5.8

### Sensory Analysis

Fat reduction can affect the acceptability of the products since fat contributes to the sensory properties of sausages (4). The effect of BC on the sensory properties of sucuk samples is shown in Table 5. G4 treatment without fat had lower texture and overall acceptability value. This may be attributed to the increased hardness observed in the texture profile analysis. G4 treatment also exhibited differences as in texture analysis. This showed that addition of 20 % BC showed negative impact of texture and sensory properties of sucuk. However, in general terms, there were no differences in the odour, color, flavour, texture between the controls and the G1, G2, G3, G4 treatments ( $P > 0.05$ ). It was reported that the sensory properties of sausage decreases with decreasing fat content (27, 28). Contrary to this, sensory properties of sucuk samples were not affected with decreasing fat content in the present study.

### CONCLUSIONS

These results showed that the substitution of fat content by BC can be accomplished without a loss of product quality, enabling the production of sucuk reduced fat levels 15 %, 10 %, 5 %. Thus, the use of BC has been provided to be a good alternative for the development of healthier products for the consumer. However, in order to obtain more clear results, changes of physicochemical, texture, and sensory properties during storage period should be searched in the further studies.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK Project Number: 105O156).

## REFERENCES

1. Jiménez-Colmenero F, Carballo J, Cofrades S. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci*, 59: 5-13.
2. Garcia ML, Dominguez R, Galvez MD, Casas C, Selgas MD. 2002. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Sci*, 60: 227-236.
3. Kilic B. 2009. Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *LWT - Food Sci Technol*, 42: 1581-1589.
4. Kayaardı S, Gök V. 2003. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Sci*, 66: 249-257.
5. Lin KW, Lin HY. 2004. Quality characteristics of Chinese-style meatball containing bacterial cellulose (nata). *J Food Sci*, 69: 107-111.
6. Chau CF, Yang P, Yu CM, Yen GC. 2008. Investigation on the lipid and cholesterol lowering abilities of biocellulose. *J Agr Food Chem*, 56: 2291-2295.
7. Khan T, Park JK, Kwon JH. 2007. Functional biopolymers produced by biochemical technology considering applications in food engineering. *Korean J Chem Eng*, 24: 816-826.
8. Karahan AG, Akoğlu A, Çakır İ, Kart A, Çakmakçı ML, Uygun A, Göktepe F. 2011. Some structural properties of bacterial cellulose produced by new native strain *Gluconacetobacter* sp. A06O2 obtained from Turkish vinegar. *J Appl Polym Sci*, 121: 1823-1831.
9. Hestrin S, Schramm M. 1954. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. II. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose. *Biochem J*, 58: 345-352.
10. Bae SO, Shoda M. 2005. Production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* BPR2001 using molasses medium in a jar fermentor. *Appl Microbiol Biot*, 67: 45-51.
11. Aksu MI, Kaya M. 2004. Effect of usage *Urtica dioica* L. on microbiological properties of sucuk, a Turkish dry-fermented sausage. *Food Control*, 15: 591-595.
12. Soyer A, Ertaş AH, Üzümcüoğlu Ü. 2005. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat Sci*, 69: 135-141.
13. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis AOAC Intl. 18th ed. Method 991.36, 992.15, 930.15, 942.05. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
14. Dos Santos BA, Campagnol PCB, Pacheco MTB, Pollonio MAR. 2012. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. *Int J Food Sci Tech*, 47: 1183-1192.
15. Cáceres E, Garcia ML, Toro J, Selgas MD. 2004. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat Sci*, 68: 87-96.
16. Sampaio GR, Castellucci CMN, Pinto e Silva MEM, Torres EAFS. 2004. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters. *J Food Compos Anal*, 17: 469-474.
17. Liu H, Xiong YL, Jiang L, Kong B. 2008. Fat reduction in emulsion sausage using an enzyme-modified potato starch. *J Sci Food Agr*, 88: 1632-1637.
18. Pi ero MP, Parra K, Huerta-Leidenz N, Arenas de Moreno L, Ferrer M, Araujo S, Barboza Y. 2008. Effect of oat's soluble fibre ( $\beta$ -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Sci*, 80: 675-680.
19. Yıldız Turp G, Serdaroğlu M. 2008. Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk – A Turkish fermented sausage. *Meat Sci*, 78: 447-454.
20. Mendoza E, Garcia ML, Casas C, Selgas MD. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Sci*, 57: 387-393.
21. Monsour EH, Khalil AH. 1997. Characteristics of low-fat beef burger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Res Int*, 30: 199-205.
22. Shand PJ. 2000. Textural, water holding, and sensory properties of low-fat pork bologna with normal or waxy starch hull-less barley. *J Food Sci*, 65: 101-107.
23. Bozkurt H, Bayram H. 2006. Colour and textural attributes of sucuk during ripening. *Meat Sci*, 73: 344-350.

24. Salazar P, García ML, Selgas MD. 2009. Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry fermented sausages with different fat levels. *Int. J. Food Sci Tech*, 44: 1100-1107
25. Papadima SN, Bloukas JG. 1999. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional Greek sausages. *Meat Sci*, 51: 103-113.
26. Muguerza E, Gimeno O, Ansorena D, Bloukas JG, Astiasarán I. 2001. Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona – a traditional Spanish fermented sausage. *Meat Sci*, 59: 251-258.
27. Giese J. 1996. Fats, oils and fat replacers. *Food Technol*, 50(4): 78-83
28. Muguerza E, Fista G, Ansorena D, Astiasarán I, Bloukas JG. 2002. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci*, 61: 397-404

## Author Instructions

GIDA (2009) 34 (1): 59-63

[www.gidadernegi.org](http://www.gidadernegi.org) / English / The Journal of FOOD /Author Instructions

## Manuscript Submission and Copyright Release Form

GIDA (2009) 34 (1): 67

[www.gidadernegi.org](http://www.gidadernegi.org) / English / The Journal of FOOD /Manuscript Submission and Copyright Release Form

## Final Check List

GIDA (2009) 34 (1): 68

[www.gidadernegi.org](http://www.gidadernegi.org) / English / The Journal of FOOD /Final Check List

can be reached from those addresses. Authors must read carefully the author instructions and prepare the manuscript accordingly.

## YÜKSEK SICAKLIĞIN VE NEMLİ ORTAMIN FINDIKTAKİ SU VE YAĞ DAĞILIMINA OLAN ETKİSİNİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME (MRG) VE NMR RELAKSOMETRE TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ

Mete Kilercioglu, Barış Ozel, Çağrı Helin Karaçam, Pelin Poçan, Mecit Halil Öztöp\*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş tarihi / Received: 06.11.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 29.01.2015

Kabul tarihi / Accepted: 09.03.2015

### Özet

Düşük nem oranı olan fındık, yüksek nemli bir ortamda muhafaza edildiğinde fazla nemden etkilenerek kalitesinden ödün verebilir. Bu çalışmada, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ve Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Relaksometre teknikleriyle yüksek nemde muhafazanın ve sıcaklığın fındığın kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, kabuklu ve kabuksuz fındıklar 1 ve 3 gün boyunca 80 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Nem oranları kızılötesi nemölçer ile ölçülmüş ve fındıklardaki değişimleri gözlemek için Taramalı Elektron Mikroskobu ile görüntüler elde edilmiştir. NMR T1 (boylamsal) salınım zamanı muhafaza süresince değişim göstermezken; ( $p>0.05$ ) 1. gün ve 3. gün nem içeriği değişimleri sırasıyla % 5.72, % 2.85 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 1. ve 3. gün kabuklu fındıklarda nem değişimleri sırasıyla, % 6.46 ve % 4.99 olarak bulunmuştur. T2 (enlemsel) salınım değerleri ile nem değişimi birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Kabuklu fındıkların nemli ortamda tutulması sonucunda T2 değerlerinde gözlemlenen değişim (% 28.12, % 44.61), kabuksuz fındıklara göre (% 8.15, % 113.57) daha az olmuştur. Çalışmada, MRG ile elde edilen görüntüler ile fındıklardaki su ve yağ dağılımı da kalitatif olarak da incelenmiştir. Bu çalışma, literatürde MRG ve NMR relaksometre tekniklerini kullanarak, fındıkta su ve yağ içeriklerini, dağılımlarını incelemek için yapılan ilk çalışmadır. Sonuçlar bu tekniklerin fındıktaki fiziksel değişimleri yorumlamak için kullanılabilme potansiyeli olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Relaksometre, Taramalı Elektron Mikroskobu, nem, sıcaklık, fındık

## INVESTIGATING OF THE EFFECT OF HIGH TEMPERATURE AND HUMIDITY ON WATER AND FAT DISTRIBUTION IN HAZELNUTS BY MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI) AND NMR RELAXOMETRY TECHNIQUES

### Abstract

As being a low moisture content nut, quality of hazelnuts is affected significantly when stored in a high humid environment. The aim of this study is to explore the effect of storage in a high humid and high temperature environment, on the quality of hazelnuts by using Magnetic Resonance Imaging (MRI) and Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Relaxation experiments. For this purpose, hazelnuts with/without shell (air-roasted) were kept in a water bath at 80 °C for 1 and 3 days. Moisture content of the samples was measured using an infrared analyzer and in order to observe the microstructural changes, Scanning Electron Microscopy images were obtained. NMR T1 (longitudinal) relaxation times of hazelnuts did not show any significant change with storage ( $p>0.05$ ). Change in the moisture contents of hazelnuts at the end of 1st and 3rd days were 5.72% and 2.85%, respectively. Moreover, changes in the moisture contents of hazelnuts with shell at the end of 1st and 3rd days were 6.46% and 4.99%, respectively. The change in moisture contents was correlated with the T2-(transverse) relaxation times. For the shell-free hazelnuts both T2 values increased (8.15%, 113.57%) with increasing storage time whereas for the hazelnuts with shells, the increase in T2 values were less (28.12%, 44.61%). In the study MRI was also used to investigate water and fat distribution in hazelnuts qualitatively and quantitatively. This study is the first study in the literature that used MRI and NMR Relaxometry to investigate water and fat distribution in hazelnuts. Results showed that MR imaging and NMR Relaxometry techniques give promising results to interpret the changes in hazelnut physical properties at different environments.

**Keywords:** Magnetic Resonance Imaging (MRI), Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Relaxometry, Scanning Electron Microscopy (SEM), humidity, temperature, hazelnut

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ mecit@metu.edu.tr,

☎ +90 312 210 5632/7327,

☎ +90 312 210 2767

## GİRİŞ

Fındık, *Betulaceae* familyasının *Corylus* cinsine dâhil olup kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde yetişmektedir (1). Fındık üretimi, özel iklim koşulları gerektirdiği için sınırlı sayıda bölgede yapılmaktadır. Fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı önemli yerlerden birisi, iklim özelliklerinin oldukça uygun olması sebebiyle ülkemizde bulunan Doğu Karadeniz Bölgesi'dir. Türk fındık çeşitleri *C. avellana* ve *C. maxima*'nın melezlerinden oluşmaktadır (2). Türkiye, fındık üretiminde dünyada 1. sırada gelmekte olup dünya üretiminin %70'ini, dünya fındık ihracatının ise %82'sini sağlamaktadır. Bunu takip eden İtalya ise dünyada fındık üretiminin %20'sini oluşturmakla birlikte dünya fındık ihracatının da %15'ini oluşturmaktadır (3).

Fındık, gıda endüstrisinde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Unlu mamuller, çikolata ürünleri, şekerleme ve dondurma, fındığın kullanıldığı gıda ürünleri arasındadır. Özellikle, unlu mamul ve şekerleme endüstrisinde kavrulmuş fındık içi büyük oranda kullanılmaktadır (4). Kavrulmuş fındığın kullanılmasının temel sebebi, ürünlere sağladığı aromanın önemli bir role sahip olmasıdır. Fındığın, gıda işleme için belli standartlarda olması gerekmektedir. Bu nedenle yüksek kalitede fındık elde etme amacına uygun fındık bitkileri seçilerek ekimi yapılır. Bu standartlar, şekerleme endüstrisinin ihtiyaçlarına göre belirlenmektedir (5). Fındık % 60.5 oranında yağ içermektedir. Tekli ve çoklu doymamış yağ asidi bileşenlerinden oluşmakta olup bu oranlar %82.8 oleik asit (MUFA) ve %8.9 (PUFA) linoleik asit olarak belirlenmiştir (6).

Endüstride oldukça yaygın olarak kullanılan fındığın taşıma ve saklama koşulları, fındığın standart bir şekilde üretimde kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır. Fındık, yapısından dolayı sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerden oldukça kolay etkilenmektedir. Sıcaklık ve neme maruz kalan fındığın gösterdiği fiziksel ve kimyasal değişiklikler NMR (Nükleer Manyetik Rezonans) tekniği ile belirlenebilmektedir. NMR, tahribatsız ve kesin sonuç veren bir araştırma metodu olması avantajından dolayı gıda maddeleri üzerinde sık kullanılan tekniklerden biridir. Bunun yanı sıra; çabuk veri elde edilmesi, eş zamanlı tespit yapılması ve niceleyici sonuç imkânları mevcuttur (7, 8).

NMR'a dayalı yaklaşımlar kemometrik tekniklerle birleştirilerek birçok gıda ürününün

sınıflandırılmasında ve kimlik doğrulamasının yapılmasında kullanılmıştır. Balzamik sirkesi (9, 10), çay (11, 12), kahve (13), meyve suyu (14), zeytinyağı (15) örnekleri bu çalışmalar arasındadır.

Fındık yağı kullanılarak zeytinyağında yapılan taşışın belirlenmesinde de NMR spektroskopisi önemli bir yere sahiptir. Avrupa komisyonunun ve diğer uluslararası enstitülerin fındık yağının orijinalitesini tespit etmede resmi bir analitik metodunun olmamasına rağmen, bazı kimyasal bileşenlere dayanan kromatografik ve spektroskopik yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bunu, istatistik metodlar yardımıyla <sup>1</sup>H ve <sup>31</sup>P NMR spektroskopisi kullanarak tespit etmek mümkündür (8).

NMR Relaksometre T1 ve T2 zamanlarının ölçülmesine dayanan bir teknik olup bu zamanlar NMR için gerekli RF (Radyo Frekans Dalgaları) sinyalinin kısa süreli uygulaması sonucunda oluşan sinyalin farklı düzlemlerdeki azalış (T2) ve artışını (T1) karakterize eden zaman sabitleridir. T1 *boylamsal salınım*, T2 ise *enlemsel salınım* zamanı olarak bilinmektedir. T1 zamanı eksponansiyel olarak artan bir sinyal eğrisinden elde edilirken, T2 zamanı ise eksponansiyel olarak azalan bir sinyal eğrisinden elde edilir. Bu sinyale Ters Laplas matematiksel transformasyon uygulanması sonucunda relaksasyon spektrası elde edilir (16). NMR Relaksasyon spektrası numunelerdeki proton havuzları hakkında bilgi verir (16–20). Proton havuzları özellikle gıdalar için, yağ ve su dağılımının incelenmesinde kullanılmaktadır (17, 18, 20, 21).

Bu çalışmada kullanılan diğer bir teknik ise Manyetik Rezonans Görüntülemesidir (MRG). Bu yöntem daha çok tıpta canlıların iç yapısını görüntüleme amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanımı, düşük maliyetli, düşük frekanslı ve az çözünürlüğe sahip görüntüleme sistemlerinin yaygınlaşmasından dolayı artmaya başlamıştır. Özellikle yüksek nem içerikli biyolojik materyallerin karakterizasyonunda kullanımı yaygındır. NMR Relaksometrede olduğu gibi MRG ile de gıdaların iç yapısını inceleyerek kalite parametrelerini tahribatsız şekilde inceleme olanağı vardır. Fonksiyonel gıdalar için kullanılan mikrokapsüllerin (20), jel sistemlerinin tasarımında (19), kontrollü salınımı gerçekleştirecek aktif maddelerin difüzyon katsayısının belirlenmesinde (18), mikrokapsüllerin dayanıklılığının tespitinde (20), jel sistemlerinin oluşumunda önemli bir yere sahip olan çapraz bağlaşım mekanizmasının incelenmesinde (18,21), MRG kullanımı oldukça kolaylık sağlamıştır. Diğer taraftan fındık için,

MRG ve NMR Relaksometre tekniklerinin karakterizasyon amaçlı kullanıldığı başka bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, MRG ve NMR Relaksometre teknikleri kullanarak yüksek nemde ve sıcaklıkta muhafaza edilen kabuklu/kabuksuz fındık örneklerindeki su ve yağ içeriğinin dağılımını incelemektir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada Ordu'dan alınan kabuklu fındıklar ve kavrulmuş fındık içleri kullanılmıştır. Yüksek nem oranının ve sıcaklığın fındıklar üzerindeki etkisini incelemek için, numuneler uygun boyutlardaki NMR tüplerinde 80 °C su banyosunda 1 ve 3 gün boyunca bekletilmiş ve zamana bağlı olarak nem miktarındaki değişimin, örneklerin T1 ve T2 relaksasyon zamanları üzerindeki etkisi 0.32 Tesla NMR Konsolu (Spin Track SB4, Rusya) kullanılarak analiz edilmiştir. Bu sistemin en büyük avantajı çok küçük eko zamanlarına (eko zamanı: 90 ve 180° pulslar arasındaki sürenin yarısı veya 90 °lik pulslar sonra maksimum sinyali alana kadar geçen süre) inebilmesi ve T1-T2 zamanlarını direkt olarak, görüntü almadan ölçebilmesidir. 1 ve 3 gün boyunca su banyosunda bekletilen kabuklu fındıklar ve kavrulmuş fındık içlerinin nem analizi, kızılötesi nem ölçer cihazı kullanılarak saptanmış ve bu veriler kullanılarak T1 ve T2 relaksasyon zamanları ile korelasyon oluşturulmaya çalışılmıştır. Her iki örnekten de beş tekerrür kullanılarak deneyler yapılmıştır. NMR deneyleri Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) ve Doğunluk Toparlanması (Saturation Recovery) sekansları kullanılarak yapılmıştır. T2 relaksasyon zamanlarını belirlemek için kullanılan CPMG sekansında, sinyal 1000 µs eko zamanı ve 300 ms relaksasyon periyodu kullanılarak toplam 32 skan ile elde edilmiştir. T1 relaksasyon zamanı ise Doğunluk Toparlanması sekansı kullanılarak, CPMG sekansında olduğu gibi 1000 µs eko zamanı ve 300 ms relaksasyon periyodu ile 32 skan kullanılarak relaksasyon eğrisi elde edilmiştir. Ayrıca, T1 ölçümleri için 32 farklı bekleme zamanı kullanılmıştır. Gözleme zamanı ise 500000 µs de tutulmuştur.

Depolama süresine bağlı olarak ölçülen T1 ve T2 relaksasyon zamanlarındaki değişimlerin, istatistiksel önemini bulmak için MINITAB yazılımı kullanılarak Varyans Analizi yapılmış, nem ve sıcaklığa maruz tutulan kabuklu ve kabuksuz fındıkların nem, T1,

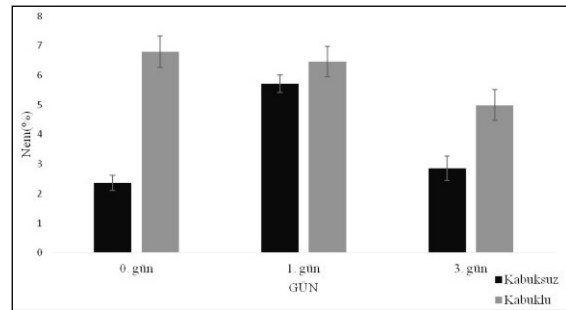
T2 değerleri arasında fark olup olmadığı istatistiksel olarak belirlenmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır.

Fındıkların görüntülerinin alınmasında, su süpresyonu sekansı ve spin eko sekansı kullanılmıştır. Bu görüntüler, Bilkent Üniversitesi Uluslararası Manyetik Rezonans Araştırma Merkezi'ndeki (UMRAM) 3T gücündeki klinik tarayıcı kullanılarak alınmıştır. Kullanılan tarayıcı, yüksek rezolüsyonlu olduğundan su ve yağı baskılayarak farklı kontrastlarda görüntü almak mümkün olmuştur.

Elektron mikroskobu çalışmaları için hiçbir işleme maruz bırakılmamış fındıklar ile 1 ve 3 gün boyunca 80 °C'de su banyosunda bekletilmiş olan fındıklar altın paladyum ile kaplanmıştır. Elektron mikroskobu görüntüleri, ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'ndeki Taramalı Elektron Mikroskobu ile elde edilmiştir.

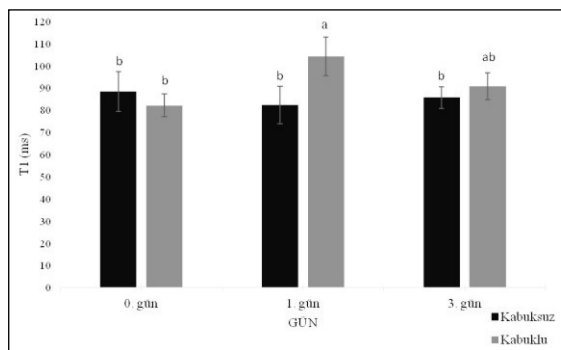
## SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Yapılan deneyde, fındıklar üzerinde iki değişkenin etkisi incelenmiştir. Bu değişkenler yüksek sıcaklık ve nemdir. Fındık çok düşük miktarda nem (%3.39) içerir (22). Buna bağlı olarak, fındığın bulunduğu ortamdaki nem oranı fındığın kalitesini önemli ölçüde etkiler. Sıcaklık da fındığın içindeki nem miktarını etkilediğinden, diğer incelenen parametre olarak seçilmiştir. Belirlenen parametrelerin fındıklara etkisi Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Nükleer Manyetik Relaksometre deneyleriyle incelenmiştir. Değerlendirmelerde farklı NMR sekansları kullanılarak elde edilen T1 (boylamsal rahatlama zamanı) ve T2 (enlemsel rahatlama zamanı) değerleri karşılaştırılmıştır. Kabuklu ve kabuksuz fındık taneleri iki farklı deney grubu olarak seçilmiştir.



Çizelge 1. Kabuklu (gri) ve kabuksuz (siyah) fındıkta 0., 1. ve 3. gün için gerçek nem oranları  
Figure 1. Actual moisture contents of hazelnuts with (gray) and without shell (black) for 0th, 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> days

Yüksek sıcaklık ve neme maruz bırakılan fındığın nem değerleri ölçülerek deney süresince fındığın zamana göre tuttuğu nem miktarı grafiği Çizelge 1'de gösterilmiştir. Alınan sonuçlara göre kabuklu fındığın 1. gündeki nem miktarı ile herhangi bir işleme maruz bırakılmamış olan fındık arasında bir farklılık gözlenmemiş olup, 3. gündeki nem miktarında ise azalma gözlenmiştir. Bu durumun sebebi, fındık kabuğunu oluşturan selüloz, lignin ve hemiselüloz yapılarının serbest suyu tutmasına bağlı olarak gözlemlendiği şeklinde açıklanabilir. Kabuksuz fındığın nem değerlerine bakıldığında, 1. gündeki nem miktarında, herhangi bir işleme maruz kalmayan fındığın nem miktarına göre artış olduğu gözlenmiştir. 3. günde ise nem miktarında azalma görülmektedir. Buna ek olarak, kabuksuz fındıklarda 3. gündeki işlem sonucunda fındıkların renginde kararırma gözlemlenmiştir. Bu durum Maillard reaksiyonu ile ya da fındıktaki şekerin karamelize olması durumlarıyla açıklanabilir. Yapılan çalışmalar, fındığa uygulanan ısıl işlemin, fındığın karbonhidrat, yağ ve protein yapısını değiştirdiğini belirtmektedir (23). Protein ve amino asitlerin parçalanabileceği, yağların oksidasyona uğrayabileceği ve hatta vitamin ve amino asitlerin yok edilebileceği ya da başka reaksiyonlar tarafından etkisiz hale getirilebileceği belirtilmektedir (24). Oligosakkaritlerin parçalanması ya da karamelize olma durumu da ısıl işlem sonucu fındıkta ortaya çıkabilecek reaksiyonlardır (24). Buna bağlı olarak kabuksuz fındığın 3. gündeki nem değerinde olan azalma bu reaksiyonlarla ilişkilendirilebilir. 1.günde sıcak su banyosundan alınan fındıkta nemli yapı fark edilirken, 3.günde alınan fındıkta oldukça kuru bir yapı gözlenmektedir. Fındıkta oluşan reaksiyonların sonucunda, hem kuru yapının hem de kararmanın aynı anda

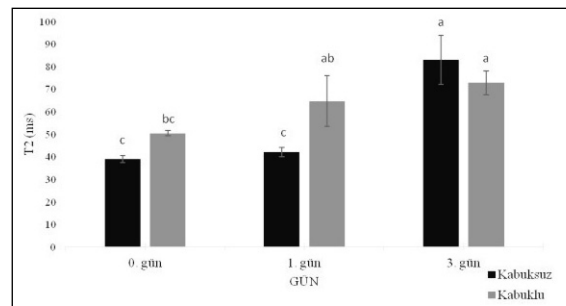


Çizelge 2. Kabuklu (gri) ve kabuksuz (siyah) fındıkta 0., 1. ve 3. gün için istatistiksel analiz yapılmış T1 değerleri  
Figure 2. T1 values of hazelnuts with (gray) and without shell (black) for 0<sup>th</sup>, 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> days with statistical analyses

gözlemlenmiş olması, fındığın nem oranını düşürdüğü söylenebilir.

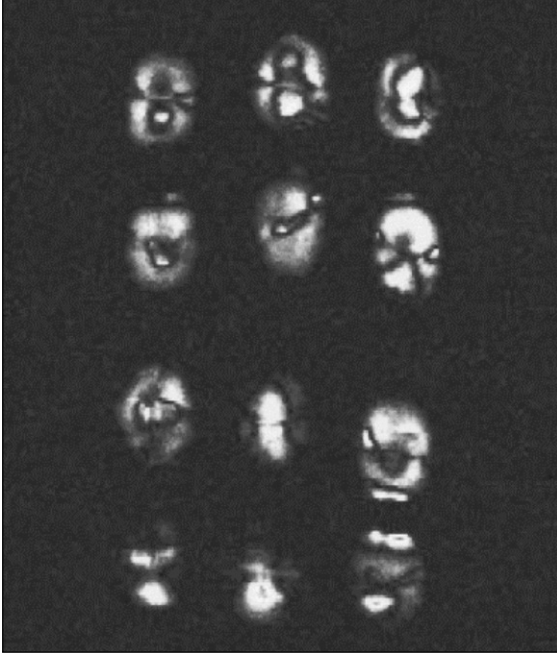
Yapılan ölçümlerde T1 değerlerinin hem kabuklu hem de kabuksuz fındıklarda deney süresince önemli ölçüde değişmediği gözlemlenmiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 2). Isı etkisi sonucu fındıkların içindeki yağın salınması beklendiğinden T1 değerinin sudan dolayı artması beklenmiştir. Çünkü suyun T1 değeri yağinkinden yüksektir. Ancak, deney sonuçları göstermektedir ki yağın fındıktan çıkmasının yanı sıra içeride bulunan suyun ısıyla birlikte tükenmesi T1 değerini neredeyse sabit tutmuştur. T1 değerlerinde kabuğun varlığının önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Diğer taraftan ölçülen T2 değerleri ise kabuklu ve kabuksuz örnekler için artış göstermiştir (Çizelge 3). Nem oranları ile T2 değerleri arasında belirli bir korelasyon olduğundan dolayı (25) nem miktarı arttıkça T2 değerlerinde de artış gözlenmiştir. T2 değeri kabuksuz fındık için 3. gün sonunda 113.57% artış gösterirken kabuklu fındık için artış 44.61% olmuştur. T2 değerlerinin artması proteinlerin Maillard reaksiyonu ile tüketilmesiyle açıklanabilir. Çünkü proteinler yağ tutma özelliğine sahiptir. Proteinler bozulduğunda yağ dışarı salınmış ve T2 değerinin artmasını sağlamıştır. Kabuklu örneklerdeki T2 artışının daha az olması kabuğun yağ salınımına kısmen engel olmasıdır. Böylece daha fazla yağ fındığın içinde kalmış ve T2 artışını düşürmüştür (26). Yapılan istatistiksel analizde, kabuksuz fındıkların T1 değerleri arasında fark görülmemiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 2). Kabuklu fındıkların T1 değerleri arasında ise ilk gün ve 1.gün değerleri arasında fark gözlemlenirken ( $P<0.05$ ), 1. gün ile 3. gün değerleri arasında fark görülmemiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 2). T2 değerlerinde ise kabuksuz fındıkların ilk gün ve 1. gün değerleri arasında fark



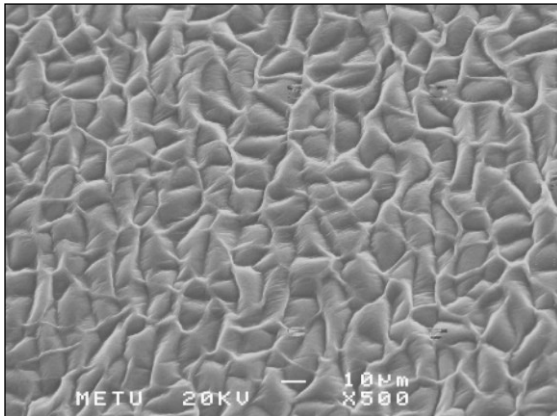
Çizelge 3. Kabuklu (gri) ve kabuksuz (siyah) fındıkta 0., 1. ve 3. gün için istatistiksel analiz yapılmış T2 değerleri  
Figure 3. T2 values of hazelnuts with (gray) and without shell (black) for 0<sup>th</sup>, 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> days with statistical analyses



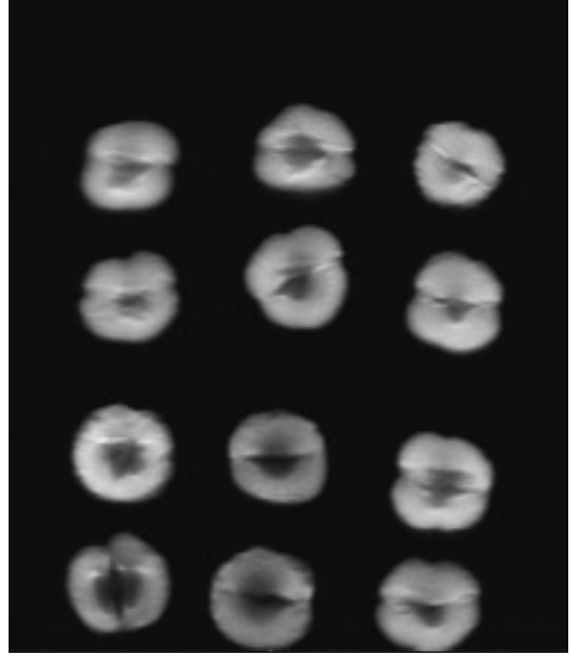


Şekil 1: Su süpresyonu sekansı kullanılarak alınan fındık görüntüleri (soldan sağa : 0., 1., 3. gün)  
Figure 1: Hazelnuts magnetic resonance (MR) images by using water suppression sequence (Left to right; 0<sup>th</sup>, 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> days)

görülmezken ( $P>0.05$ ), 3. gün değerlerinin ilk gün ve 1. günden farklı olduğu görülmüştür ( $P<0.05$ ) (Çizelge 3). Kabuklu fındıkların T2 değerinde 0. gün ve 3. gün arasında benzerlik var iken ( $P>0.05$ ), İlk gün ve 1. gün değerleri arasında fark gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 3). Aynı şekilde 1. gün ve 3.gün değerleri arasında da fark gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 3).

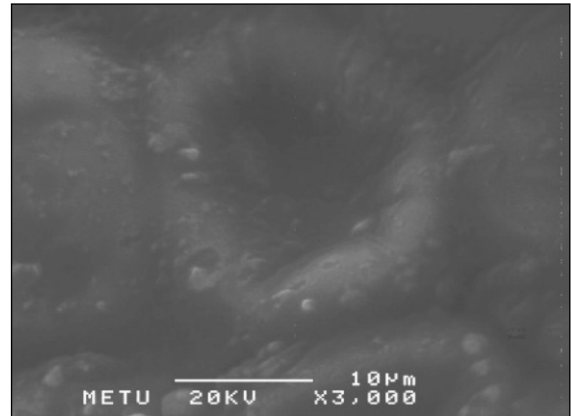


Şekil 3: Herhangi bir işlem uygulanmamış fındığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (500 kat büyütülmüş)  
Figure 3: Scanning Electron Microscope (SEM) image of the inner surface of a hazelnut that was not exposed to any treatment (500 times magnified)

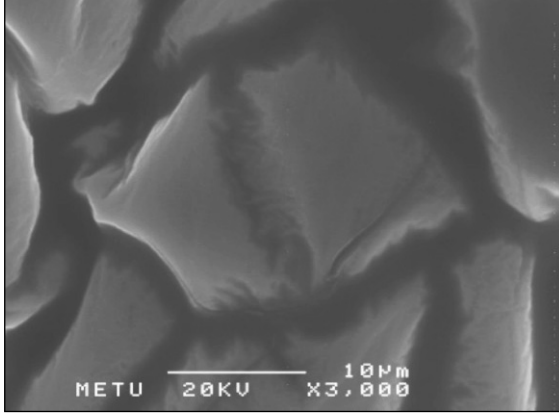


Şekil 2: Spin eko sekansı kullanılarak alınan fındık manyetik rezonans (MR) görüntüleri (soldan sağa : 0., 1., 3. gün)  
Figure 2: Hazelnuts magnetic resonance (MR) images by using fat suppression sequence (Left to right; 0<sup>th</sup>, 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> days)

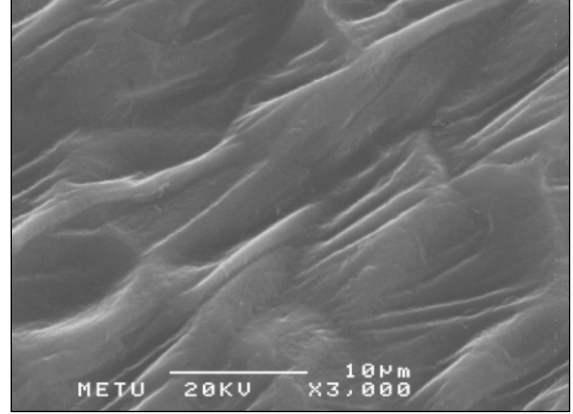
MRG ile alınan görüntüler su süpresyonu sekansı ve spin eko sekansı kullanılarak alınmış olup (Şekil 1, 2), spin eko sekansı kullanılarak alınan görüntüde su ve yağdan gelen sinyaller var iken, su süpresyonu sekansı kullanılarak alınan görüntüde sudan gelen sinyaller engellenerek sadece yağdan gelen sinyallerden görüntü alınmıştır (27). MR görüntüleri kalitatif olarak yorumlanmıştır.



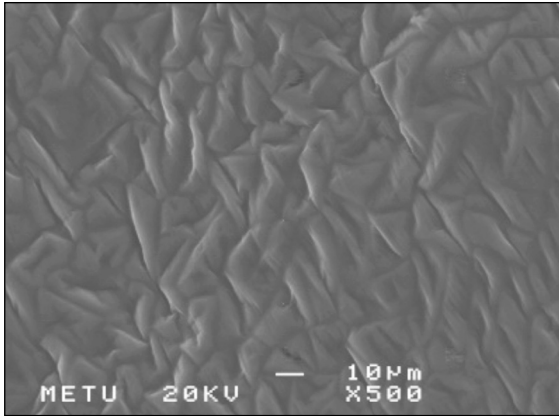
Şekil 4: Herhangi bir işlem uygulanmamış fındığın dış yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütülmüş)  
Figure 4: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the outer surface of hazelnut that was not exposed to any treatment (3000 times magnified)



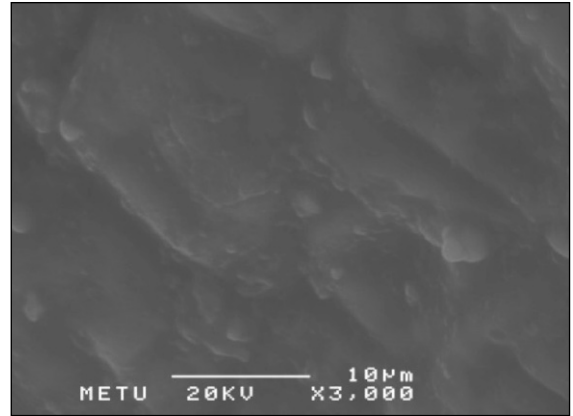
Şekil 5: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)  
Figure 5: Scanning Electron Microscope (SEM) image of the inner surface of a hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)



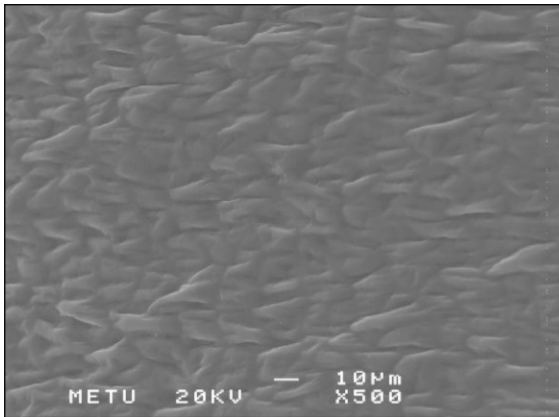
Şekil 6: Herhangi bir işlem uygulanmamış fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)  
Figure 6: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was not exposed to any treatment (3000 times magnified)



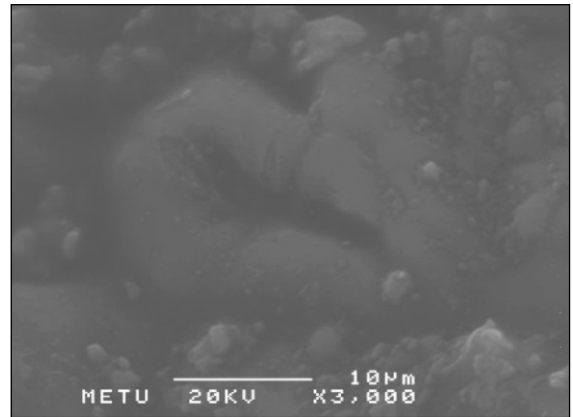
Şekil 7: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (500 kat büyütölmüş)  
Figure 7: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (500 times magnified)



Şekil 8: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın dış yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)  
Figure 8: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the outer surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)



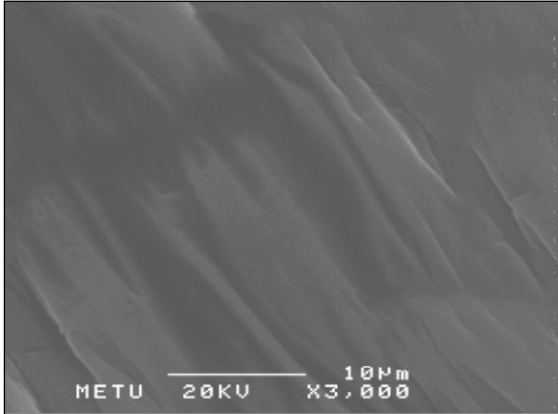
Şekil 9: Üç gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (500 kat büyütölmüş)  
Figure 9: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was kept in water bath for 3 days (500 times magnified)



Şekil 10: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın dış yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)  
Figure 10: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the outer surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)

Suyun baskılandığı MR görüntülerinde (Şekil 1) 3. gün sonunda yağ sinyalinde ciddi bir artış olduğu görülmüştür. Daha önceden de açıldığı üzere yağın dışarı çıkmış olması yağ sinyalinin daha fazla görünmesine sebep olmuştur. Diğer taraftan yağın baskılandığı görüntülerde belirgin bir fark görülmemiştir. Daha belirgin farklar görebilmek için sekans parametrelerinin değiştirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak NMR ve MRG deneyleri fındıkların içindeki madde dağılımının, değişik sıcaklık ve nem altındaki değişimini gözlemlemekte etkili bir yöntem olarak kullanılmıştır (28, 29). Nem miktarının fındıkların iç ve dış yüzeyinde sebep olduğu yapısal değişiklikler taramalı elektron mikroskobu kullanılarak belirlenmiş olup, nem miktarı arttıkça porların genişlediği gözlemlenmiştir (30). (Şekil 3-11).



Şekil 11: Üç gün su banyosunda bekletilmiş fındığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütülmüş)  
Figure 11: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)

## KAYNAKLAR

- Muharrem Y. 2009. Bazı Fındık Çeşit ve Genotiplerinin Pomolojik, Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu. Çukurova Üniversitesi-Fen Bilim Enstitüsü-Bahçe Bitk Anabilim Dalı-Doktora Tezi;1-3.
- Okay AN. 1986. Fındık Tarımı. TKB, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü;142(12):85.
- Köksal Aİ. 1999. Inventory of Hazelnut Research, Germplasm and References. FAO Reg. Office European Cooperative Research Network of Nuts.
- Caligiani A, Coisson JD, Travaglia F, Acquotti D, Palla G, Palla L. 2014. Application of <sup>1</sup>H NMR for the characterisation and authentication of Tonda Gentile Trilobata" hazelnuts from Piedmont (Italy). *Food Chem*, 2014;148:77-85.
- Mehlenbacher SA. 1991. Hazelnuts (Corylus)-Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. *Acta Hort.*;290:791-836.
- Sobutay T. 2006. Fındık Sektör Araştırması. İstanbul.
- Consonni R, Cagliani L. 2010. Nuclear Magnetic Resonance and Chemometrics to Assess Geographical Origin and Quality of Traditional Food Products. *Adv Food Nutr Res*. 59:87-165.
- Agiomyrgianaki A, Petrakis P V., Dais P. 2010. Detection of refined olive oil adulteration with refined hazelnut oil by employing NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Talanta*, 80(5): 2165-71.
- Consonni R, Cagliani LR, Benevelli F, Spraul M, Humpfer E, Stocchero M. 2008. NMR and chemometric methods: a powerful combination for characterization of Balsamic and Traditional Balsamic Vinegar of Modena. *Anal Chim Acta*, 611(1):31-40.
- Caligiani A, Acquotti D, Palla G, Bocchi V. 2007. Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution <sup>1</sup>H NMR spectroscopy. *Anal Chim Acta*, 585(1): 110-9.
- Lee JE, Lee BJ, Chung JO, Hwang JA, Lee SJ, Lee CH. 2010. Geographical and climatic dependencies of green tea (Camellia sinensis) metabolites: a (1)H NMR-based metabolomics study. *J Agric Food Chem*; 58(19):10582-9.
- Tarachiwin L, Ute K, Kobayashi A, Fukusaki E. 2007. <sup>1</sup>H NMR based metabolic profiling in the evaluation of Japanese green tea quality. *J Agric Food Chem*, 55(23):9330-6.
- Charlton AJ, Farrington WHH, Brereton P. 2002. Application of (1)h NMR and multivariate statistics for screening complex mixtures: quality control and authenticity of instant coffee. *J Agric Food Chem*, 50(11):3098-103.
- Spraul M, Schütz B, Humpfer E, Mörtter M, Schäfer H, Koswig S. 2009. Mixture analysis by NMR as applied to fruit juice quality control. *Magn Reson Chem*, 47 Suppl 1(August):S130-7.

15. Mannina L, Segre AL. 2009. High Resolution Nuclear Magnetic Resonance of Olive Oils. *Basic NMR Foods Charact*, 39-62.
16. Hills B. 1998. *Magnetic Resonance Imaging in Food Science*.: A Wiley Interscience Publication, New York, USA.
17. Ersus S, Oztop MH, McCarthy MJ, Barrett DM. 2010. Disintegration efficiency of pulsed electric field induced effects on onion (*Allium cepa* L.) tissues as a function of pulse protocol and determination of cell integrity by <sup>1</sup>H-NMR relaxometry. *J Food Sci*, 75(7):E444-52.
18. Oztop MH, McCarthy KL, McCarthy MJ, Rosenberg M. 2012. Uptake of divalent ions (Mn<sup>+2</sup> and Ca<sup>+2</sup>) by heat-set whey protein gels. *J Food Sci*, 77(2):E68-73.
19. Oztop MH, Rosenberg M, Rosenberg Y, McCarthy KL, McCarthy MJ. 2010. Magnetic resonance imaging (MRI) and relaxation spectrum analysis as methods to investigate swelling in whey protein gels. *J Food Sci*, 75(8):E508-15.
20. Wichchukit S, Oztop MH, McCarthy MJ, McCarthy KL. 2013. Whey protein/alginate beads as carriers of a bioactive component. *Food Hydrocoll*, 33(1):66-73.
21. Williams PD, Oztop MH, McCarthy MJ, McCarthy KL, Lo YM. 2011. Characterization of water distribution in xanthan-curdlan hydrogel complex using magnetic resonance imaging, nuclear magnetic resonance relaxometry, rheology, and scanning electron microscopy. *J Food Sci*, 76(6):E472-8.
22. Özdemir F, Topuz A, Dođan Ü, Karkacıer M. 1998. Fındık Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *GIDA*, 23(1):37-41.
23. Ghirardello D, Contessa C, Valentini N, Zeppa G, Rolle L, Gerbi V. 2013. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biol Technol* ;81:37-43.
24. Ac F, Yildiz M, Biringen E, Gu E, Lo M. 2001. Effect of Roasting on Some Nutrients of Hazelnuts (*Corylus Avellena* L.). *Food Chem*, 73:185-90.
25. Horigane AK, Kawabuchi M, Uchijima S, Yoshida M. 2009. Effects of seasonings on physical properties and MRI T2 map of cooked spaghetti. *Food Res Int*, 42(1):41-50.
26. Oztop MH, Bansal H, Takhar P, McCarthy KL, McCarthy MJ. 2014. Using multi-slice-multi-echo images with NMR relaxometry to assess water and fat distribution in coated chicken nuggets. *LWT - Food Sci Technol* 55(2):690-4.
27. Konez O. 1995. *Manyetik Rezonans Görüntüleme*, İstanbul, Türkiye. Alınmışır: konez.com
28. Zion B, Chen P. 1995. Detection of bruises in magnetic resonance images of apples. *Comput Electron Agric*,1699(95):289-99.
29. Létal J, Jiráık D, Suderlová L, Hájek M. 2003. MRI "texture" analysis of MR images of apples during ripening and storage. *LWT - Food Sci Technol*, 36(7):719-27.
30. Altan A. 2014. Effects of pretreatments and moisture content on microstructure and physical properties of microwave expanded hull-less barley. *Food Res Int*, 56:126-35.

## SİYAH HAVUÇ POSASINDAN ANTOSİYANİNLERİN EKSTRAKSİYONUNA FARKLI ÇÖZGEN ve ASİT KONSANTRASYONLARININ ETKİLERİ

Erdal Ağçam\*, Asiye Akyıldız

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi / Received: 07.11.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 21.01.2015

Kabul tarihi / Accepted: 28.01.2015

### Özet

Bu çalışma ile ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ve meyve-sebze suyu işleme sanayimizde yoğun işlenen siyah havucun artan posasından, antosiyaninlerin farklı asit konsantrasyonlarındaki çözgenlerle geri kazanım düzeyleri belirlenmiştir. Farklı ekstraktlardan elde edilen bulgulara göre siyah havuç posasının toplam monomerik antosiyanin miktarları 656.2-1191.9 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Siyah havuç posasından antosiyaninlerin ekstraksiyonunda en etkili çözücü asitlendirilmiş metanol (MeOH) iken; bunu asitlendirilmiş etanol (EtOH) ve saf su takip etmiştir. Çözgenlerin asitlik düzeyinin antosiyanin geri kazanımı üzerine önemli düzeyde etki ettiği tespit edilmiştir. HPLC sonuçlarına göre antosiyanin bileşenlerden siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozit-ferulik asidin (298.3-398.8 mg/kg) ve siyanidin-3-ksilozil-galaktozidin (217.7-330.4 mg/kg) siyah havuç posasında en baskın oldukları belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Siyah havuç posası, ekstraksiyon, monomerik antosiyanin, antosiyanin bileşenleri

## EFFECTS of DIFFERENT SOLVENTS and ACID CONSANTRATIONS on EXTRACTION of ANTHOCYANINS from BLACK CARROT POMACE

### Abstract

In this study, effects of different solvents and acid concentrations on extraction of anthocyanins from black carrot pomace obtained after processing in fruit-vegetable juicing industry were investigated. According to results from different extraction processes, total monomeric contents of black carrot pomace ranged between 656.2-1191.9 mg/kg. The best solvent for anthocyanins extraction from black carrot pomace was determined as acidified methanol (MeOH); it was followed by acidified ethanol (EtOH) and pure water. Acidity levels of the solvents significantly affected recovery of anthocyanins from black carrot pomace. Based on HPLC results, the most abundant anthocyanins were cyanidin-3-xyloside-galactoside-glucoside-ferulic acid (298.3-398.8 mg/kg) and cyanidin-3-xyloside-galactoside (217.7-330.4 mg/kg) in the black carrot pomace.

**Keywords:** Black carrot pomace, extraction, monomeric anthocyanin compounds.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ eagcam@cu.edu.tr,

☎ (+90) 322 338 6084,

☎ (+90) 322 338 6614

## GİRİŞ

*Apiaceae* (Eski adı *Umbelliferae*) familyasından (1) iki yıllık bir bitki olan havucun bilimsel adı *Daucus carota*'dır (2, 3) ve binlerce yıldan beri yetiştirilmektedir. Havuç, kökü sebze olarak kullanılan en önemli köksü sebze bitkilerinden biridir (4, 5). Botanik sınıflandırmaya göre havuç iki gruba ayrılmaktadır. Türkiye, Afganistan, Mısır, Pakistan ve Hindistanda geleneksel olarak yetiştirilen antosiyanin (doğuya ait) grup (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atorubens* Alef.) ve dünya genelinde yetiştirilen karoten (batıya ait) grup (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *sativus*)'tur. Antosiyanin grubuna ait havuçlar mor antosiyanin pigmentlerine sahiptir (3, 4, 6, 7). Sıcak iklim ürünü olan siyah havuç, Türkiye'nin bazı bölgelerinde yıl boyunca yetiştirilmektedir (8). Türkiye'nin en önemli üretim bölgesi İç Anadolu bölgesidir. Ereğli ilçesi (Konya) bu bölge genelinde en önemli üretim yeridir (9). Günümüzde doğal gıda renklendiricilerine talep artışı nedeniyle her geçen gün siyah havuç üretimi artmaktadır (4, 5).

Dünya genelinde en büyük havuç ve şalgam (birlikte verilmiştir) üreticisi 2011 yılında 16.22 milyon ton ile Çin'dir. Bunu Rusya (1.74 milyon ton), Amerika Birleşik Devletleri (1.30 milyon ton), Özbekistan (1.22 milyon ton) ve Polonya (887 bin ton) izlemektedir. Türkiye 2002 yılında (235 bin ton) dünya'da 19. sırada iken 2005 yılında üretimini 390.3 bin tona çıkararak 11. sıraya ve 2008 yılında 591.538 ton ile 9. sıraya yükselmiş ve son olarak 2011 yılında da 602.078 ton ile tekrar 11. sırada yer almıştır (10). Turuncu ve siyah havuç olmak üzere iki türü olan bu havuçların büyük bir kısmını turuncu havuç oluşturmaktadır.

Ülkemizin Konya Ereğli Bölgesinde yoğun yetiştiriciliği yapılmakta olan siyah havuç yapısında barındırmış olduğu önemli düzeydeki antosiyanin bileşenler, vitaminler, mineraller ve lif içeriği ile meyve-sebze suyu işleme sektörünün dikkatini çekmiştir. Siyah havucun adeta bir antosiyanin deposu olmasından ötürü işlenmesi ile elde edilen suyun doğrudan tüketilmesinin yanı sıra, gıda sektöründe doğal renk maddesi olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Siyah havuç suyu ve konsantresi süt, dondurma, reçel-marmelat, pasta, meyve-sebze suyu, alkollü içkiler, konserve vb gıda işleme kollarında doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır. Bu özelliklerinden ötürü havuç suyu ve konsantresi dünya genelinde giderek artan bir trendle talep edilmekte ve ülkemiz adına

artı değeri yüksek olan bu talebi karşılamak için meyve-sebze işleme sektörü yoğun bir tempoda çalışmaktadır. Siyah havuç suyu ve konsantresinin uluslararası ticaretinde en önemli faktör antosiyanin içeriğidir. Bu nedenle siyah havucun işlenmesi sırasında temel parametre antosiyaninlerin en yüksek düzeyde ekstraksiyonudur. Sektörün sahip olduğu mevcut teknolojik koşullarla gerçekleştirilen ekstraksiyonda havuç suyu posasında oldukça önemli düzeyde antosiyanin kalmaktadır. Siyah havuç suyu ve konsantresinin ticaretinde varlığı önemli bir unsur olan antosiyaninlerin posada kalması bu ürünlerin daha düşük bir bedelle satılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle siyah havuçtan antosiyaninlerin ekstraksiyonunun optimizasyonu ve alternatif teknolojilerin etkinliğinin araştırılması gerekmektedir.

İnsan nüfusunun artmasına paralel olarak daha fazla doğal kaynak ihtiyacı doğarken bir taraftan da yüksek miktarlarda artık üretilmektedir. Yeni teknolojilerin gelişmesi ile birlikte bu artıkların geri dönüşümü daha mümkün hale gelmiştir (11, 12). Bu artıkların yapısında taşıdıkları bileşenlerden ötürü antibakteriyel, antiviral, antioksidan, anti-inflamatuar ve antikansorejen özellikler taşıdığı rapor edilmektedir (13-16). Sonuç olarak bu maddelerin ilaç üretiminde, metalürji ve gıda endüstrisi alanında kullanımları yüksek potansiyel sergilemektedir.

Dünya genelindeki sınırlı tarımsal kaynakların etkin kullanımının önemini anlaşılması ile dikkatler bu kaynakları işleyen gıda sanayisine çevrilmiştir. Kaynakların etkin kullanımı için çeşitli tedbirler alınmasına rağmen hatırı sayılır düzeyde gıda artıkları oluşmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar, bu artıkların insan sağlığı açısından oldukça önemli olan biyoaktif bileşenleri yüksek miktarlarda içerdiğini ortaya koymuştur. Ancak zengin besin ve katma değeri yüksek potansiyele sahip bu artıklar hayvan yemi, gübre vb gibi katma değeri daha düşük olan ürünlere işlenmektedir. Ülkemizde havucun konsantreye (65 °Briks) işleme verileri 2007 yılı itibari ile mevcut olup 2007 yılında konsantreye işlenen toplam havuç miktarı 30.6 bin ton, 2008'de 30.7 bin ton, 2009'da 12.3 bin tona düşmüş, 2010 yılında 24.6 bin ton ile tekrar artmıştır. 2009 ve 2010 yılında işlenen havuçların sırasıyla 9.0 ve 23.0 bin tonu siyah havuç olarak gerçekleşmiştir. Sektöre ilişkin 2010 yılında tutulan verilere göre havuç işlenen toplam meyve ve sebzenin % 3'ünü oluşturmaktadır. Ayrıca

2009 yılında 1.2 bin ton ve 2010 yılında 3.1 bin ton siyah havuç konsantresi (65 °Briks) üretimi yapılmıştır (17). Meyve-sebze suyu işleme sektörünün verileri dikkate alınarak yapılan hesaplama göre siyah havuçtan % 70 düzeyinde verim sağlanabilmektedir. Bu verimlilikten yola çıkılarak 2009 yılında yaklaşık 2.7 bin ton ve 2010 yılında katlanarak 6.9 bin ton siyah havuç posasının işleme artığı olarak oluştuğu söylenebilir. Ayrıca bu posada başta antosiyeninler olmak üzere oldukça önemli düzeyde biyoaktif bileşenler kalabilmektedir. Siyah havuç üretimi ve sektördeki konsantreye işleme hacmine bakıldığında dünya genelinde artan talebe orantılı olarak siyah havuç üretiminin ve işleme hacminin daha da artacağı görülmektedir. Siyah havucun konsantreye işleme hacmindeki artışa paralel olarak ticari değeri yüksek potansiyele sahip siyah havuç posası üretimi de artacaktır. Bu nedenle oluşacak bu posanın katma değeri daha yüksek ürünlere dönüşümü için gerekli tedbirlerin alınması kaçınılmaz olacaktır.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ve meyve-sebze suyu işleme sanayimizde yoğun işlenen siyah havucun artan posasından, antosiyeninlerin farklı asit konsantrasyonlarındaki çözümlerle (metanol, etanol, saf su) geri kazanım düzeylerini belirlemektir. Ayrıca bahsi geçen çözümler kullanılarak elde edilen ekstraktların farklı analiz yöntemlerle (kromatografik ve spektrofotometrik) antosiyenin miktarları karşılaştırılmıştır.

### **MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **Materyal**

Bu çalışmada, Konya/Ereğli Bölgesinde yetiştirilen siyah havuçların TARGID AŞ'de siyah havuç konsantresine işlenmesi sırasında elde edilen artık posaları kullanılmıştır.

#### **Yöntem**

##### **Ekstraksiyon Çözeltilerinin Hazırlanması**

Siyah havuç posasından antosiyeninlerin ekstraksiyonu için çözümler olarak saf metanol (MeOH), saf etanol (EtOH) ve saf su kullanılmıştır. Metanol ve etanol içine 0.1N; 0.2N; 0.4N; 0.8N ve 1.6N olacak şekilde hidroklorik asit (HCl, %37) ve saf su içine ise 0.1N; 0.2N; 0.4N; 0.8N ve 1.6N olacak şekilde sitrik ilave edilerek ekstraksiyon çözeltileri hazırlanmıştır. Bunu takiben MeOH, EtOH ve su için elde edilen asidik çözeltiler siyah havuç posasından antosiyeninlerin ekstraksiyonunda kullanılmıştır.

#### **Ekstraksiyon**

Homojenize edilmiş siyah havuç posasından 5 g örnek alınarak 50 mL'lik teflon tüpe aktarılmış ve üzerine 20 mL ekstraksiyon çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış ve 5 dakika oda koşullarında bekletilmiştir. Bunu takiben tüpteki karışım 30 saniye yüksek devirde vortekslenmiş ve sonrasında santrifüjlenmiştir (4000 rpm, 4 °C, 10 dakika). Santrifüjleme sonrasında elde edilen berrak kısım 50 mL'lik balona aktarılmış ve posa kalıntısı aynı koşullarda ikinci kez ekstrakte edilmiştir. Berrak kısımlar birleştirilmiş ve balon hacmine aynı ekstraksiyon çözeltisi ile tamamlanmıştır. Elde edilen ekstrakt çalışma kapsamında yapılan analizler için kullanılmıştır. Çalışma 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir.

#### **Toplam Monomerik Antosiyenin Tayini**

Monomerik antosiyenin tayini için Fuleki ve Francis (18) tarafından önerilen ve Giusti ve Wrolstad (19) tarafından geliştirilen pH diferansiyel metodu kullanılmıştır. Bu metodun ilkesi, monomerik antosiyeninlerin pH=1'de renkli oksonium formunun, pH=4.5'te ise, renksiz hemiketal formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre, ortam pH=1 ve pH=4.5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyenin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır. pH değerlerini istenen değerlere ayarlamak için 0.025M potasyum klorür (KCl, pH=1'e HCl ile ayarlı) ve 0.4M sodyum asetat ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , pH=4.5'e HCl ile ayarlı) tampon çözeltileri kullanılmıştır. Kullanılacak potasyum klorür (pH=1.0) ve sodyum asetat tampon çözeltileri (pH=4.5) miktarları en uygun seyreltme oranına göre belirlenir. Bu seyreltme oranı her çözelti için uygulanır ve 15 dakika denge koşulu sağlandıktan sonra okuma yapılır. Bu doğrultuda, analiz için iki cam tüpe 0.5 mL ekstrakt alınmış ve ilk tüpe 7.5 mL 0.025M potasyum klorür çözeltisi, diğerine ise 7.5 mL 0.4M sodyum asetat çözeltisi ilave edilmiştir. Absorbans okumaları siyah havuç antosiyeninlerinin maksimum absorbans verdiği dalga boyunda ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) ve pus haldeki bulanıklığın belirlenmesi için ise; 700 nm'de yapılmıştır. 15 dakikalık bekleme süresi sonunda absorbans ölçümleri, 1 cm kalınlığındaki tek kullanımlık kuvvetlerde Perkin Elmer Lambda 25 UV/VIS spektrofotometresinde (Massachusetts, USA, 2005) yapılmıştır. Siyah havuç antosiyeninlerinin maksimum absorbans verdiği dalga boyunu ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) belirlemek için spektrofotometre ile 470-570 nm arasında tarama yapılmıştır. Bu çalışmada  $\lambda_{\text{maks}}$

518 nm olarak tespit edildiğinden hesaplamalar bu dalga boyundaki absorpsiyon değerlerine göre yapılmıştır. Siyah havuçtaki monomerik antosiyanin miktarı, doğada yaygın bulunan siyanidin-3-glikozit cinsinden (20) aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır. Sonuçlar bir kg posaya karşılık gelen konsantrasyon cinsinden verilmiştir (mg/kg).

$$\text{Monomerik antosiyanin miktarı} \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{(A \cdot MW \cdot SF)}{(\epsilon \cdot L)} \times 1000$$

A: Absorbans farkı (pH=1 ve 4.5 değerlerinde ölçülen absorpsiyon farkı);

$$A = ((\lambda_{\text{maks}} - A700)_{\text{pH1}} - (\lambda_{\text{maks}} - A700)_{\text{pH4.5}})$$

Formüldeki, MW: baz alınacak antosiyaninin molekül ağırlığını (449.2); SF: seyreltme faktörünü;  $\epsilon$ : molar absorpsiyon katsayısını (26900); L: absorpsiyon kütvetinin ışın yolunu (1 cm) ifade eder.

#### Antosiyanin Bileşenlerinin Belirlenmesi

Araştırmada, HPLC (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) ile antosiyanin bileşenlerin tayini yapılmıştır. Siyah havuç posasından karışımının santrifüjlenmesi ile elde edilen berrak ekstrakt 0.45  $\mu\text{m}$  teflon membran filtreden geçirilerek cihaza doğrudan enjekte edilmiştir. Analizin kromatografik koşulları aşağıdaki gibi olmuştur.

#### Antosiyanin bileşenler için kromatografi koşulları;

Kolon: XTERRA RP C18, 5  $\mu\text{m}$ , 4.6x250 mm

Mobil faz: % 5 formik asit (A); % 20 A + % 80 Asetonitril (B), gradiyent akış (0. dakika % 5 B, 25. dakika % 20 B)

Kolon sıcaklığı: 30°C

Detektör: Fotodiyot düzen detektör (PDA)

Dalga boyu: 520 nm

Mobil faz akış debisi: 1 mL/dk

Enjeksiyon hacmi: 20  $\mu\text{L}$

Siyah havuç antosiyanin bileşenlerinin tanımlanması piklerin çıkış süreleri ve spektrumları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Antosiyanin piklerinin hesaplanması için siyanidin-3-glikozit standardı yardımıyla oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır. Sonuçlar bir kg posaya karşılık gelen konsantrasyon cinsinden verilmiştir (mg/kg).

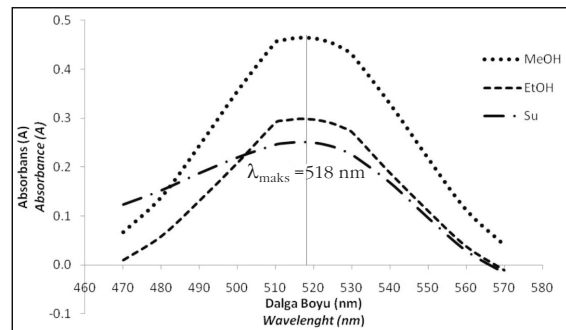
#### İstatistik Analiz

Analiz sonuçları, SPSS 20.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

#### BULGULAR ve TARTIŞMA

Siyah havuç posasından farklı çözücülerden elde edilen ekstraktların spektrofotometrede pH diferansiyel yöntemine göre tespit edilen farklı dalga boylarındaki absorpsiyon değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre siyah havuç posasından antosiyaninlerin ekstraksiyonunda en etkili çözücü metanol (MeOH) iken; bunu etanol (EtOH) ve saf su takip etmiştir. Ayrıca siyah havuçta bulunan antosiyaninlerin maksimum absorpsiyon verdiği dalga boyu ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) her üç çözücü ortamında da 518 nm olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Antosiyaninler polar karakterli bileşenler olduğu için metanol, etanol, aseton ve su gibi polar karakterli çözücülerde en iyi çözünürler (21). Antosiyaninlerin ekstraksiyonunda kullanılan çözücülerin asitlendirilmesi ile daha etkin sonuçlar elde edilmektedir. Yapılan çalışmalarda en iyi sonuçların asitlendirilmiş metanol ve etanol çözücülerinde elde edildiği bildirilmektedir (22-27). Antosiyanin ekstraksiyonu için bunlardan metanolun en iyi sonuç verdiği rapor edilmiştir (28). Üzüm pulpundaki antosiyaninlerin farklı çözücülerle ekstraksiyonu üzerine yapılan bir araştırmaya göre metanolun etanolden %20 ve sudan %73 daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir (29). Siyah havuç ekstraktı üzerine yapılan önceki çalışmaların sonuçlarına göre siyah havuç antosiyaninlerinin  $\lambda_{\text{maks}}$  değeri 520-530 nm arasında değiştiği rapor edilmiştir (30-34).

MeOH, EtOH ve saf suyun farklı asit konsantrasyonlarındaki çözeltilerinin siyah havuç posasındaki antosiyaninleri ekstraksiyon düzeyleri farklı dalga boylarındaki absorpsiyon cinsinden; sırayla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre MeOH'ın asit konsantrasyonu arttıkça, elde edilen



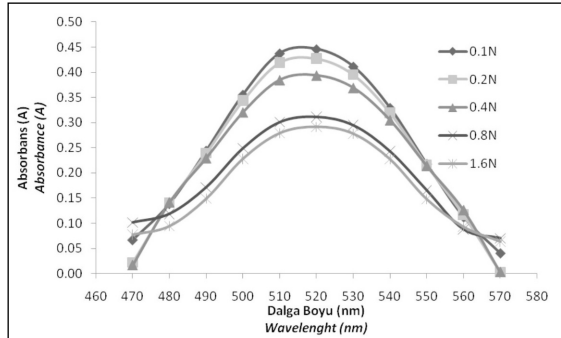
Şekil 1. Siyah havuç posası antosiyaninlerinin farklı çözücülerde ve dalga boylarındaki absorpsiyon değerleri

Figure 1. Absorbance values in different solvents and the wavelengths of anthocyanins of black carrot pomace

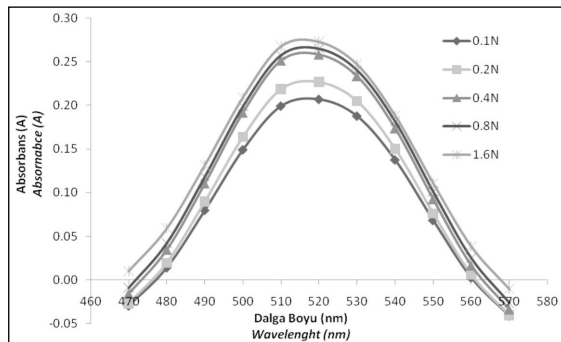


ekstraktların ölçülen spektrofotometrik absorbans değerleri azalmıştır (Şekil 2). 0.1N HCl içeren MeOH ile elde edilen ekstraktın en yüksek absorbans verdiği tespit edilmiştir. EtOH için ise bu durumun tam tersi belirlenmiş olup asit konsantrasyonu arttıkça absorbans değeri artmıştır (Şekil 3). Şekilden de anlaşılacağı üzere 1.6N HCl içerikli EtOH ile elde edilen ekstraktın diğer asit konsantrasyonlu EtOH kullanılarak elde edilen ekstraktlardan daha yüksek düzeyde absorbans verdiği belirlenmiştir. Saf suyun sitrik asit konsantrasyonu arttıkça elde edilen ilgili ekstraktların absorbans değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir (Şekil 4). Türker ve Erdoğan (33) antosiyaninleri farklı pH koşullarında ekstrakte ettikleri çalışmalarında asidik pH düzeylerinde antosiyaninlerin kütle transfer katsayısının arttığını rapor etmişlerdir.

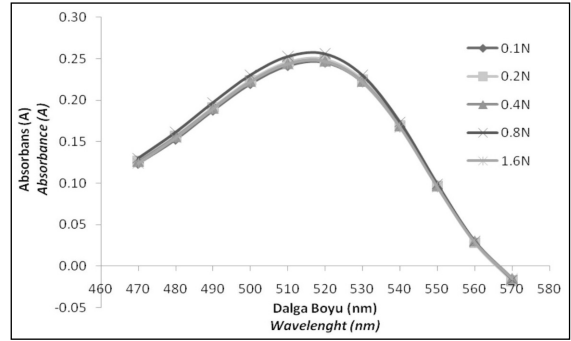
Siyah havuç posasının farklı çözücü ve asit konsantrasyonlu ortamlarda muamele edilmesiyle elde edilen ekstraktların sonuçlarına göre posaların toplam monomerik antosiyanin ve antosiyanin bileşen içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Siyah havuç posasından farklı asit konsantrasyonlu metanolün antosiyanin ekstraksiyonu üzerine etkisi  
Figure 2. Effect of different acid concentration of methanol on anthocyanin extraction from black carrot pomace



Şekil 3. Siyah havuç posasından farklı asit konsantrasyonlu etanolün antosiyanin ekstraksiyonu üzerine etkisi  
Figure 3. Effect of different acid concentration of ethanol on anthocyanin extraction from black carrot pomace



Şekil 4. Siyah havuç posasından farklı asit konsantrasyonlu saf suyun antosiyanin ekstraksiyonu üzerine etkisi  
Figure 4. Effect of different acid concentration of pure water on anthocyanin extraction from black carrot pomace

Ekstraktların monomerik antosiyanin içerikleri 518 nm'de (spektrofotometre,  $\lambda_{maks}$ ) elde edilen absorbans (A) değerlerine göre hesaplanmıştır. Farklı ekstraksiyon çözeltilerinden elde edilen bulgulara göre siyah havuç posasının toplam monomerik antosiyanin miktarları 656.2-1191.9 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Siyah havucun toplam antosiyanin içeriği üzerine yapılan araştırmalarda Khandere ve ark. (30) toplam antosiyanin miktarını siyah havuç suyunda 504 mg/L ve Türkyılmaz ve ark. (34) ise 488 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre siyah havuç posasının hala yüksek düzeyde antosiyanin içerdiği ve tekrar değerlendirilerek içerdiği antosiyaninlerin geri kazanılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Toplam monomerik antosiyanin miktarı en yüksek 1191.9 mg/kg ile 0.1N HCl içerikli MeOH'ta tespit edilmiştir. Bunu takiben 728.7 mg/kg ile 1.6N HCl içerikli EtOH ve 684.1 mg/kg ile 0.8N sitrik asit içerikli saf su olmuştur. Siyah havuç posası antosiyaninlerini geri kazanmak için kullanılan çözümlerden MeOH'ın antosiyaninlerin ekstraksiyonunda EtOH ve saf sudan daha etkili olduğu tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ). Çözümlerin farklı asit konsantrasyonlarından elde edilen ekstraktların monomerik antosiyanin sonuçları MeOH çözgenin asitliği arttıkça azaldığı ( $P < 0.05$ ), EtOH çözgenin asitliği arttıkça arttığı ( $P < 0.05$ ) ve son olarak saf suyun asitliğinin artmasıyla ise değişmediği ( $P > 0.05$ ) belirlenmiştir. Türker ve Erdoğan (33) siyah havuç antosiyaninlerinin farklı pH (2, 3 ve 4) ve sıcaklık (25, 37.5 ve 50 °C) ortamlarında ekstraksiyon etkinliklerini araştırmış ve antosiyaninlerin difüzyon katsayılarını belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek difüzyon katsayısını pH=2 ve 50 °C'de

Çizelge 1. Siyah havuç posasının farklı ekstraktlarının antosiyanin bileşen ve toplam monomerik antosiyanin içerikleri (mg/kg)  
Table 1. Anthocyanin compounds and total monomeric anthocyanin contents of different extracts of black carrot pomace (mg/kg)

*+	♣	S3KGG	S3KG	S3KGGs	S3KGGF	S3KGGK	Toplam Total (HPLC)	Monomerik Antosiyanin Monomeric Anthocyanin
Metanol (MeOH) <sup>A</sup>	0.1N	58.9±0.7 <sup>b</sup>	330.4±4.6 <sup>a</sup>	74.3±0.7 <sup>b</sup>	398.8±4.1 <sup>a</sup>	144.1±1.9 <sup>ab</sup>	1006.4±12.0 <sup>a</sup>	1191.9±56.1 <sup>a</sup>
	0.2N	55.8±2.4 <sup>c</sup>	323.0±7.3 <sup>ab</sup>	75.6±1.6 <sup>a</sup>	392.1±3.4 <sup>bc</sup>	142.0±3.9 <sup>ab</sup>	994.4±11.8 <sup>ab</sup>	1128.8±49.1 <sup>ab</sup>
	0.4N	57.8±0.6 <sup>bc</sup>	320.0±2.9 <sup>bc</sup>	74.8±0.8 <sup>b</sup>	393.8±3.4 <sup>ab</sup>	145.6±2.2 <sup>a</sup>	992.0±9.9 <sup>ab</sup>	1053.0±83.4 <sup>b</sup>
	0.8N	59.2±0.4 <sup>b</sup>	313.8±0.7 <sup>c</sup>	73.1±0.2 <sup>bc</sup>	386.9±0.5 <sup>cd</sup>	144.7±1.0 <sup>ab</sup>	977.8±0.7 <sup>b</sup>	831.5±63.2 <sup>c</sup>
	1.6N	64.2±0.1 <sup>a</sup>	302.1±2.6 <sup>c</sup>	71.7±0.5 <sup>c</sup>	381.1±3.2 <sup>d</sup>	140.6±1.5 <sup>b</sup>	959.7±7.8 <sup>c</sup>	778.9±64.7 <sup>c</sup>
Etanol (EtOH) <sup>B</sup>	0.1N	47.0±0.4 <sup>b</sup>	291.0±1.8 <sup>a</sup>	59.6±0.8 <sup>ab</sup>	347.8±0.6 <sup>a</sup>	124.8±1.2 <sup>a</sup>	870.2±0.1 <sup>ab</sup>	552.0±6.9 <sup>b</sup>
	0.2N	42.4±0.2 <sup>c</sup>	269.9±2.2 <sup>b</sup>	53.6±0.5 <sup>c</sup>	318.9±1.9 <sup>b</sup>	112.5±0.8 <sup>a</sup>	797.3±5.6 <sup>c</sup>	605.5±49.8 <sup>b</sup>
	0.4N	47.4±0.5 <sup>b</sup>	298.8±3.7 <sup>a</sup>	59.6±1.0 <sup>ab</sup>	349.1±3.0 <sup>a</sup>	124.0±1.0 <sup>a</sup>	878.9±9.2 <sup>a</sup>	690.0±25.7 <sup>b</sup>
	0.8N	45.5±2.2 <sup>b</sup>	279.0±11.0 <sup>b</sup>	57.0±3.2 <sup>b</sup>	330.6±15.2 <sup>b</sup>	121.9±13.3 <sup>a</sup>	834.1±45.0 <sup>bc</sup>	708.2±54.3 <sup>a</sup>
	1.6N	49.5±0.8 <sup>a</sup>	295.8±6.1 <sup>a</sup>	61.2±0.9 <sup>a</sup>	355.9±12.0 <sup>a</sup>	122.4±4.1 <sup>a</sup>	884.9±23.9 <sup>a</sup>	728.7±12.9 <sup>a</sup>
Saf Su <sup>C</sup>	0.1N	47.0±0.5 <sup>c</sup>	217.7±1.5 <sup>c</sup>	57.9±0.7 <sup>c</sup>	298.3±2.4 <sup>c</sup>	107.2±0.8 <sup>c</sup>	728.1±5.9 <sup>d</sup>	656.2±13.6 <sup>a</sup>
	0.2N	49.9±0.7 <sup>b</sup>	236.0±3.5 <sup>c</sup>	63.3±1.1 <sup>b</sup>	321.3±4.7 <sup>b</sup>	127.0±2.4 <sup>a</sup>	797.5±12.4 <sup>b</sup>	665.9±24.0 <sup>a</sup>
	0.4N	46.9±0.1 <sup>c</sup>	228.2±0.5 <sup>d</sup>	58.5±0.3 <sup>c</sup>	302.0±0.1 <sup>c</sup>	108.8±0.2 <sup>c</sup>	744.3±0.6 <sup>c</sup>	660.1±1.5 <sup>a</sup>
	0.8N	51.1±0.1 <sup>a</sup>	251.8±1.2 <sup>b</sup>	64.7±0.2 <sup>a</sup>	333.8±1.6 <sup>a</sup>	120.5±0.8 <sup>b</sup>	821.9±3.2 <sup>a</sup>	684.1±29.8 <sup>a</sup>
	1.6N	51.5±0.5 <sup>a</sup>	258.0±3.6 <sup>a</sup>	65.4±0.3 <sup>a</sup>	334.6±2.6 <sup>a</sup>	121.1±0.6 <sup>b</sup>	830.6±7.6 <sup>a</sup>	658.3±4.8 <sup>a</sup>

\*Çizelgede küçük harf ile gösterilenler aynı çözgenin farklı asit konsantrasyonlu ekstraktları arasındaki farkı göstermektedir. (±) standart sapma. + Çizelgede büyük harf ile gösterilenler çözgenlerin ekstraktları arasındaki farkı göstermektedir (HPLC'de tespit edilen antosiyanin bileşen miktarlarının toplamı üzerinden). ♣ Metanol ve etanol HCl ile asitlendirilmiş iken saf su sitrik asitle asitlendirilmiştir. Sonuçlar bir kg posadaki konsantrasyon cinsinden verilmiştir.

<sup>A</sup>Superscript lowercase letters on the same column show the significant difference between different acid concentrations of solvent. (±) standard deviations. + Superscript uppercase letters show the significant difference between different solvents (according to total of anthocyanin compounds). ♣ While methanol and ethanol were acidified with HCl, pure water was acidified with citric acid. The results were given in terms of the concentration in kg pomace.

hesaplamışlardır. Araştırmada kullanılan pH koşullarının tamamında sıcaklık artışlarına bağlı olarak difüzyon katsayıları artmıştır. Fakat pH artışı ile birlikte difüzyon katsayısında önemli düşüşler olmuştur. Sonuç olarak siyah havuçtan antosiyanin ekstraksiyonu sırasında seçilecek pH ve sıcaklığın önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Siyah havuçta bulunan temel antosiyanin bileşikler (açılsız antosiyaninler) siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozid ve siyanidin-3-ksilozil-galaktozid, (açıllı antosiyaninler) sinapik, ferulik ve kumarik asitlerle açillenmiş siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozid'lerdir (4, 35, 36).

Siyah havuç posasından elde edilen ekstraktların antosiyanin bileşen analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Siyah havuç posasından antosiyanin bileşen olarak siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozid (S3KGG), siyanidin-3-ksilozil-galaktozid (S3KG), siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozid-sinapik asit (S3KGGs), siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozid-ferulik asit (S3KGGF) ve son olarak siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozid-kumarik asit (S3KGGK) tespit edilmiştir. Bu antosiyanin bileşenlerden S3KGGF (298.3-398.8 mg/kg) ve S3KG'nin (217.7-330.4 mg/kg) siyah havuçta en baskın

oldukları belirlenmiştir. Antosiyanin bileşen miktarları en yüksek MeOH ekstraktlarında belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Ayrıca elde edilen bulgulara göre ekstraktların antosiyanin bileşen içeriği bakımından her üç çözgenin asit konsantrasyonları arasındaki fark (S3KGGK'nın EtOH ekstraktları hariç) önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Ekstraktların kromatografik (HPLC) analiz sonucu elde edilen antosiyanin bileşen miktarlarının toplamı ile elde edilen bulgular Çizelge 1'de verilmiştir. MeOH'ın asit konsantrasyonu arttıkça elde edilen siyah havuç posası ekstraktlarının toplam antosiyanin miktarları spektrofotometrik analiz sonuçlarında olduğu gibi azalmıştır ( $P < 0.05$ ). HPLC sonuçlarına göre; EtOH'un asit konsantrasyonunun artmasıyla toplam antosiyanin miktarlarında değişimler olmasına rağmen spektrofotometrik sonuçlarla paralellik göstermemiştir. Çünkü spektrofotometrik sonuçlara göre EtOH'ın asitlik konsantrasyonu arttıkça antosiyanin miktarında artış belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Bu durumun tam tersi sitrik asitli saf su çözgeninde tespit edilmiştir. Çözgen kullanılarak elde edilen siyah havuç posası ekstraktlarının toplam antosiyanin miktarları spektrofotometrik bulgulara göre asit konsantrasyonuna bağlı olarak

değişim göstermediği belirlenmiştir. Fakat HPLC sonuçlarına göre sudaki sitrik asit arttıkça elde edilen antosiyanin miktarlarında artışlar tespit edilmiş ve bu artışlar önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Sonuç olarak; siyah havuç posasından farklı çözücü ve asit konsantrasyonlu çözeltilerle yapılan ekstraksiyonlarla elde edilen ekstraktların antosiyanin içerikleri kıyaslandığında en yüksek değerlerin 0.1N HCl içerikli MeOH'de ( $1006.4 \pm 12.0$  mg/kg) olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan edilen bir diğer önemli bulgu ise, ekstraktların antosiyanin içeriklerinin HPLC ve spektrofotometrik analizlerde farklı sonuçlar vermesidir. HPLC'de antosiyaninler bileşen bazında analiz edilip elde edilen sonuçlar spektrofotometre sonuçlarından daha kesindir. HPLC sonuçları antosiyanin içerikleri açısından ölçüt olarak alındığında spektrofotometrik sonuçların hata düzeyinin azımsanamayacak düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma özelinde spektrofotometrede antosiyanin analizi sırasında hata oluşturacak nedenler sorgulandığında en temel nedenin ekstraksiyonunda kullanılacak çözücünün asitlik düzeyi olduğu düşünülmektedir. Çünkü spektrofotometrede antosiyanin analizinde (bu çalışmada da kullanılmıştır) en yaygın yöntem pH diferansiyel yöntemidir. Bu yöntem farklı pH düzeylerindeki absorbans değerlerinden yola çıkarak sonuç vermektedir. Tamda burada ekstraksiyonda kullanılacak çözgen tipinin yanında çözgenin sahip olduğu asitlik düzeyi de spektrofotometrede doğru sonuçların elde edilmesi açısından önemli olduğu araştırma sonuçları ile de ortaya konmuştur.

### SONUÇ

Antosiyaninlerin gıda sanayisinde doğal renklendirici olarak kullanılması antosiyanince zengin olan siyah havuç üzerine dikkatleri çekmiştir. Siyah havuç konsantreye işlenerek dünya genelinde doğal gıda renklendiricisi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre siyah havucun işlenmesinden sonra elde edilen posada antosiyanin bileşenlerinin yüksek miktarlarda kaldığı tespit edilmiştir. Siyah havuç posasından beş farklı antosiyanin bileşen tespit edilmiştir. Bu antosiyanin bileşenlerden siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozit-ferulik asidin ( $298.3-398.8$  mg/kg) ve siyanidin-3-ksilozil-galaktozidin ( $217.7-330.4$  mg/kg) siyah havuç posasında en baskın oldukları belirlenmiştir. Antosiyaninlerin posadan geri kazanımı için kullanılan asitlendirilmiş çözücülerden metanol en iyi sonuç verirken

bunu etanol ve saf su takip etmiştir. Araştırma ile ayrıca, spektrofotometrik antosiyanin analiz sonuçlarının asitlikten önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre siyah havuç posasının hala ticari değeri yüksek potansiyele sahip antosiyanin bileşenler içerdiği ve bunları geri kazanmak için asitlendirilmiş metanol ve etanol bazlı çözücüler kullanıldığında suya göre daha fazla geri kazanım sağlanacağı tespit edilmiştir. Metanol ve etanolun düşük kaynama noktasına sahip olduklarından ekstraksiyon sonrasında evaporasyon ile kolayca ayrıştırılmaları bir diğer önemli noktadır.

### TEŞEKKÜR

Araştırmacılar, çalışma materyali olan siyah havuç ve işleme artığı olan posa temini konusunda desteklerinden ötürü TARGID AŞ'ye teşekkürlerini sunar.

### KAYNAKLAR

1. Just BJ. 2004. Genetic Mapping of Carotenoid Pathway Structural Genes and Major Gene Qtls for Carotenoid Accumulation in Wild and Domesticated Carrot (*Daucus carota* L.). University of Wisconsin-Madison, Doctor of Philosophy (Plant Breeding and Plant Genetics), (PhD Dissertation).
2. Rodriguez-Sevilla MD, Villanueva-Suárez MJ, Redondocuenca A. 1999. Effects of Processing Conditions on Soluble Sugars Content of Carrot, Beetroot and Turnip. *Food Chem*, 66: 81-85.
3. Tangüler H, Erten H. 2009. Geleneksel Laktik Asit Fermantasyonu Ürünü Şalgam Suyu ve Üretim Yöntemleri, II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Van, Türkiye, 650-654.
4. Kammerer D, Carle R, Schieber A. 2004. Quantification of Anthocyanins in Black Carrot Extracts (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and Evaluation of Their Color Properties. *Eur Food Res Technol*, 219(5): 479-486.
5. Erten H, Tangüler H, Canbaş A. 2008. A Traditional Turkish Lactic Acid Fermented Beverage: Shalgam (Shalgam). *Food Rev Int*, 24: 352-359.
6. Sethi V. 1990. Lactic Fermentation of Black Carrot Juice for Spiced Beverage. *Indian Food Packer*, 44(3): 7-12.
7. Pistrick K. 2001. *Umbelliferae (Apiaceae)* (P. Harelt, Edt.). Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops, 1st edn., Springer, Berlin-Heidelberg, pp:1259-1267.

8. Canbaş A. 1991. Recovery of Anthocyanins from Black Carrot to be used in Foodstuffs, European Patent, Patent no: EP 0480297/ TR 90/929.
9. Yiğincinar H. 2007. Kontrollü Şartlarda Şalgam Suyu Üretimi Üzerine Farklı Formülasyonların Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-Yüksek Lisans Tezi.
10. FAO. 2013. www.faostat.fao.org, (03.09.2013).
11. Butz P, Tauscher B. 2002. Emerging Technologies: Chemical Aspects. *Food Rev Int*, 35: 279-284.
12. Corrales M, Toepfl S, Butz P, Knorr D, Tauscher B. 2008. Extraction of Anthocyanins From Grape By-Products Assisted by Ultrasonic, High Hydrostatic Pressure or Pulsed Electric Fields: A Comparison. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 9: 85-91.
13. Namiki M. 1990. Antioxidants/Antimutagens in Foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 29: 273-300.
14. Halliwell B. 2007. Dietary polyphenols: Good, Bad, or Indifferent for Your Health?. *Cardiovasc Res*, 73: 341-347.
15. Prasad NK, Yang B, Zhao M, Wang B, Chen F, Jiang Y. 2009. Effects of High Pressure Treatment on The Extraction Yield, Phenolic Content and Antioxidant Activity of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruit Pericarp. *Int J Food Sci Technol*, 44: 960-966.
16. Sun, J, Jiang Y, Shi S, Wei X, Xue SH, Shi J, Yi C. 2010. Antioxidant Activities and Contents of Polyphenol Oxidase Substrates from Pericarp Tissues of Litchi Fruit. *Food Chem*, 119: 753-757.
17. MEYED. 2013. www.meyed.org.tr, Sektör İstatistikleri, (03.09.2013).
18. Fuleki T, Francis FJ. 1968. Quantitative Methods for Anthocyanins. 2. Determination of Total Anthocyanin and Degradation Index for Cranberry Juice. *J Food Sci*, 33: 78-82.
19. Giusti MM, Wrolstad RE. 2001. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy (Wrolstad RE, Schwartz SJ, Edts.). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, John Wiley and Sons, New York, pp: 1-13.
20. Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J Agric Food Chem*, 48: 4581-4589.
21. Kahkonen MP, Hopia AI, Heinonen M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *J Agric Food Chem*, 49(8): 4076-4082.
22. Amr A, Al-Tamimi E. 2007. Stability of the crude extracts of *Ranunculus asiaticus* anthocyanins and their use as food colourants. *Int J Food Sci Technol*, 42: 985-991.
23. Awika JM, Rooney LW, Waniska RD. 2005. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem*, 90(1-2): 293-301.
24. Cacace JE, Mazza G. 2003. Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *J Food Eng*, 59(4): 379-389.
25. Donner H, Gao L, Mazza G. 1997. Separation and characterization of simple and malonylated anthocyanins in red onions, *Allium cepa* L. *Food Res Int*, 30(8): 637-643.
26. Fossen T, Andersen ØM. 2003. Anthocyanins from red onion, *Allium cepa*, with novel aglycone. *Phytochem*, 62(8): 1217-1220.
27. Phippen WB, Simon JE. 1998. Anthocyanins in Basil (*Ocimum basilicum* L.). *J Agric Food Chem*, 46(5): 1734-1738.
28. Kapasakalidis PG, Rastall RA, Gordon MH. 2006. Extraction of polyphenols from processed black currant (*Ribes nigrum* L.) residues. *J Agric Food Chem*, 54(11): 4016-4021.
29. Metivier RP, Francis FJ, Clydesdale FM. 1980. Solvent extraction of anthocyanins from wine pomace. *J Food Sci*, 45(4): 1099-1100.
30. Khandare V, Walia S, Singh M, Kaur C. 2011. Black Carrot (*Daucus carota* spp. *sativus*) Juice: Processing Effects on Antioxidant Composition and Color. *Food Bioprod Process*, 89: 482-486.
31. Kırca A, Özkan M, Cemeroglu B. 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chem*, 97: 598-605.
32. Kırca A, Özkan M, Cemeroglu B. 2007. Effects of Temperature, Solid Content and pH on the Stability of Black Carrot Anthocyanins. *Food Chem*, 101: 212-218.
33. Türker N, Erdoğan F. 2006. Effects of pH and Temperature of Extraction medium on Effective Diffusion Coefficient of Anthocyanin Pigments of Black Carrot (*Daucus carota* var. L.). *J Food Eng*, 76: 579-583.
34. Türkyılmaz M, Yemiş O, Özkan M. 2012. Clarification and Pasteurisation Effects on Monomeric Anthocyanins and Percent Polymeric colour of Black Carrot (*Daucus carota* L.) Juice. *Food Chem*, 134: 1052-1058.
35. İstanbullu Ö. 2007. Kara Havuç (*Daucus carota* var. L.) Antosiyaninlerinin Ferulik Asit ile Kopigmentasyonu. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-Yüksek Lisans Tezi.
36. Türker N, Aksay S, İstanbullu Ö, Artuvan E. 2007. A Study on the Relation Between Anthocyanin Content and Product Quality: Şalgam as A Model Beverage. *J Food Qual*, 30: 953-969.

## VİŞNE SUYU ASİTLİĞİNİN AZALTIKMASI İÇİN NÖTRALİZASYON ALTERNATİFİ

Gülen Yeşilören\*, Aziz Ekşi

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / Received: 18.11.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 10.02.2015

Kabul tarihi / Accepted: 12.02.2015

### Özet

Asidi yüksek olduğu için vişne suyu (%100) doğrudan tüketime uygun değildir. Bunu gerçekleştirmenin yolu asitliğin düşürülmesidir. Fakat bu sırada vişne suyunun diğer kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin olabildiğince korunması gereklidir. Vişne suyunun doğal asitliğinin azaltılması için  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  ve  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ile nötralizasyon uygulanmıştır. Denemeler, başlangıç briksi 13.5 ve titrasyon asitliği 14 g/L olan vişne suyu ile gerçekleştirilmiş ve titrasyon asitliği nötralizasyon ile 7 g/L'ye düşürülmüştür. Vişne suyunun kimyasal bileşiminin etkilenme düzeyinin belirlenmesi için nötralizasyondan önce ve sonra titrasyon asitliği, L-malik asit, sitrik asit, glukoz, fruktoz, sakkaroz, fenolik madde, antosiyanin, potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor analizleri uygulanmıştır. Ayrıca tat, koku, renk, berraklık gibi duyuşsal özellikler belirlenmiştir.  $\text{Ca(OH)}_2$  ve  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ile nötralizasyon vişne suyunun kimyasal bileşimini etkilememiştir. Ancak her ikisi de yabancı tat (ecza, tuzlu) oluşumuna yol açtığı için amaca uygun değildir. Buna karşılık  $\text{CaCO}_3$  nötralizasyonundan, vişne suyunun kimyasal bileşimi gibi duyuşsal özellikleri de etkilenmemiştir. Dolayısı ile içime uygun vişne suyu elde edilmesi için  $\text{CaCO}_3$  nötralizasyonu teknik açıdan amaca uygundur. Ancak uygulamanın legal açıdan da değerlendirilmesi gereklidir.

**Anahtar kelimeler:** Vişne suyu, titrasyon asitliği, nötralizasyon, asitliğin azaltılması

## NEUTRALIZATION AS AN ALTERNATIVE TO REDUCE ACIDITY OF SOUR CHERRY JUICE

### Abstract

Sour cherry juice (100%) is not suitable for direct consumption due to its high acidity. The way to make it suitable for direct consumption is to reduce the acidity. But, it is necessary to maintain the chemical and sensorial properties of sour cherry juice during this process. In this study, neutralization with  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  and  $\text{K}_2\text{CO}_3$  was applied to reduce the natural acidity of sour cherry juice. The experiments were carried out with sour cherry juice, of which initial °Bx and titratable acidity were 13.5 and 14 g/L, respectively; and titratable acidity was reduced to 7g/L by neutralization. In order to determine the changes of chemical composition of sour cherry juice, titratable acidity, L-malic acid, citric acid, glucose, fructose, sucrose, total phenolics, monomeric anthocyanins, potassium, sodium, calcium, magnesium, phosphorus concentrations were investigated before and after neutralization. Sensorial properties like taste, odor, color and clarity were also determined. Neutralization with  $\text{Ca(OH)}_2$  and  $\text{K}_2\text{CO}_3$  did not affect the chemical composition of sour cherry juice. But, both of them do not fit for purpose since they cause undesirable taste (chemical and salty). On the other hand, the chemical and sensorial properties of sour cherry juice were not affected by the neutralization with  $\text{CaCO}_3$ . It can be concluded that, from technical aspect, the neutralization with  $\text{CaCO}_3$  is appropriate for production of ready-to-drink sour cherry juice. However, application should also be evaluated in terms of legal aspects.

**Keywords:** Sour cherry juice, titratable acidity, neutralization, reduction of acidity

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ gulenyeshiloren@gmail.com, ☎ (+90) 505 632 5905, 📠 (+90) 312 317 8711

## GİRİŞ

Vişne, antioksidan kapasitesinin yüksekliğinden dolayı son yıllarda ilgi duyulan meyvelerden biridir. Sağlığa olumlu etkisi nedeni ile de "süper meyve" grubunda sayılmaktadır. Çekici rengi ve serinletici etkisi ile daha çok meyve suyu konsantresine işlenmektedir. Ancak vişne suyu olarak değil daha çok vişne nektarı olarak tüketilmektedir (1). Bunun nedeni doğal asitliğinin yüksek ve dolayısı ile tadının mayhoş olmasıdır. Bilindiği gibi meyve oranı meyve suyunda %100 iken vişne nektarında %35'tir (2) ve vişne nektarı zorunlu olarak katkı şeker içermektedir.

Vişne ve vişne suyunun insan sağlığı üzerine birçok olumlu etkisinden söz edilmektedir. Araştırma bulgularına göre bunların başlıcaları; erişkinlerde uyku kalitesini iyileştirmesi(3), serum trigliserit düzeyi ile VLDL miktarı ve TG/HDL oranını azaltması, serum ürik asit miktarını azaltarak enflamasyon ve kardiyovasküler hastalıklardan koruması (4, 5) bunun gibi egzersiz sonucu oluşan güç kaybı ve ağrıyı önemli ölçüde azaltmasıdır (5, 6).

Sağlığa yararlı etkilerinden dolayı meyve oranı daha düşük olan vişne nektarı yerine meyve oranı %100 olan vişne suyunun tüketilmesi daha akılcıdır. Ancak bunun için öncelikle asitliğinin azaltılması gereklidir. Vişne suyunun titrasyon asitliği 13.5-29.2 g/L arasındadır. Başat organik asit L-malik asittir ve miktarı 14.3-29.2 g/L dir. Buna karşılık sitrik asit 51.9-115.0 mg/L arasında bulunmaktadır (7).

Nötralizasyon, asitliğin azaltılması için eskiden beri uygulanan yöntemlerden birisidir. Bu yöntem tropikal meyvelerde (8-10), zeytinyağında (11), üzüm suyu ve şarapta (12), kivi suyu (13) ve ahududu liköründe (14) denenmiş olumlu sonuç alınmıştır. Ancak vişne suyunda kullanımı ile ilgili bilgiler uygulama açısından henüz yeterli değildir (15). Yöntemin ilkesi, uygun bir bazla meyve suyundaki serbest asitlerin tuza dönüştürülmesidir. Ancak bu sırada meyve suyunun kimyasal, besinsel ve duysal özelliklerinin olabildiğince korunması gereklidir.

Bu çalışma, doğal asitliğin farklı bazlarla nötralizasyonu ile tüketime hazır %100 vişne suyu elde edilmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. En uygun bazın belirlenmesi için nötralizasyon öncesi ve sonrası kimyasal ve duysal özellikler karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

#### Vişne Suyu

Denemeler, konsantreden deiyonize su ile hazırlanan ve briks derecesi 13.5, titrasyon asitliği 14 g/L (malik asit olarak) olan vişne suyu ile yürütülmüştür.

#### Nötrleyici Kimyasal

Denemelerde nötrleyici olarak analitik saflıkta kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>), kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) ve potasyum karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) kullanılmıştır.

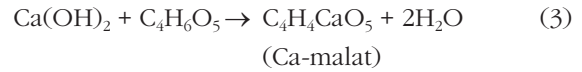
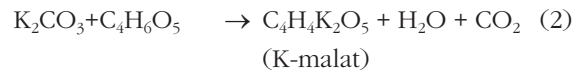
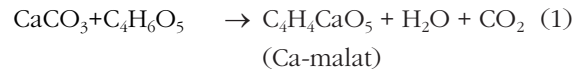
### Yöntem

#### Hedef Asitliğin Belirlenmesi

Nötralizasyon için hedef asitlik düzeyi duysal analiz ile belirlenmiştir. Bu amaçla, çözünen katı madde oranı (briks derecesi) aynı (13.5 °Bx) olan fakat titrasyon asitliği 5 g/L, 6 g/L, 7g/L ve 8 g/L olan 4 farklı vişne nektarı hazırlanmıştır. Vişne nektarı örnekleri 20 panelist tarafından 5 puanlı şemaya (5 çok iyi, 1 çok kötü) göre değerlendirilmiştir. Duysal analizde en yüksek tat puanını (3.9) titrasyon asitliği 7 g/L olan vişne nektarı almıştır. Bu nedenle hedef asitlik 7g/L olarak seçilmiştir.

#### Asitliğin Nötrale Edilmesi

Vişne suyunun asitliği esas olarak iki karboksil (COOH) grubu içeren malik asitten kaynaklanmaktadır. Nötrleyici baz olarak Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> denenmiştir. Bu bazların L-malik asit ile girdiği tepkimeler aşağıdaki gibidir ve kullanılacak kimyasal miktarları bu tepkimeler yardımıyla hesaplanmıştır.



Tepkimelere göre; molekül ağırlığı 134 g olan malik asidin 1 gramını nötrlemek için 0.746 gram kalsiyum karbonat, 1.029 gram potasyum karbonat ve 0.552 gram kalsiyum hidroksit gereklidir. Denemeler 1 litre vişne suyu ile yürütülmüştür ve titrasyon asitliğinin 14 g/L den 7 g/L'ye düşürülmesi için gerekli baz miktarı yukarıdaki tepkime denklemleri yardımı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan baz miktarı (CaCO<sub>3</sub> için 5.25 g, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> için 7.2 g, Ca(OH)<sub>2</sub> için 3.88 g) vişne suyuna katılmış ve

tepkimenin tamamlanması için 1 saat magnetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Tepkime denklemi gereğince  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ilave edilen örneklerde,  $\text{CO}_2$  oluşumuna bağlı köpüklenme gözlenmiştir. Oluşan tuzların olası çökmesini sağlamak için örnekler  $4^\circ\text{C}$  de 24 saat süre ile bekletilmiş ancak herhangi bir çökme gözlenmemiştir. Bu durum nötralizasyonda oluşan tuzların (esas olarak Ca-malat ve K-malat) vişne suyunda çözündüğünü göstermektedir. Nötralizasyon denemeleri her bir baz ile 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

### Analiz Metotları

Nötralizasyon uygulamasından etkilenme düzeyini belirlemek amacı ile nötralizasyon öncesi ve sonrası vişne suyu örneklerinde suda çözünen katı madde miktarı (briks), asit profili (pH ve titrasyon asitliği, L-malik asit, sitrik asit), şeker profili (glukoz, fruktoz, sakkaroz), mineral profili (potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor), fenolik madde ve monomerik antosiyanin miktarı ile polimerik renk oranı belirlenmiştir.

Suda çözünen katı madde miktarı dijital refraktometre (Atago RX5000 $\alpha$ , AtagoCo., LTD, Tokyo) ile (16), pH değeri pH-metre (WTW Inolab pH-720, Weilheim, Almanya) ile, titrasyon asitliği potansiyometrik titrasyonla (0.1 M NaOH, pH:8.1) belirlenmiş ve g/L malik asit olarak hesaplanmıştır (17). L-malik asit ve sitrik asit miktarı enzimatik yöntemle belirlenmiştir (18, 19). Bunun gibi glukoz, fruktoz, sakkaroz analizi için de enzimatik yöntem uygulanmıştır (20). Toplam fenolik ve toplam monomerik antosiyanin miktarı ile polimerik renk oranı spektrofotometrik (21, 22) yöntemle belirlenmiştir. Mineral bileşenlerden fosfor analizi için spektrofotometrik (23), potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum analizi için atomik absorpsiyon spektrofotometrik (Shimadzu AA-7000, Shimadzu Scientific Instruments, Columbia, U.S.A.) (24) yöntem uygulanmıştır. Bu analizlerin tümü 2 paralelli olarak yürütülmüştür. Duyusal analiz 20 panelist ile gerçekleştirilmiştir ve her bir özellik (tat, koku, renk, berraklık, genel beğeni) 5 puanlı şemaya göre (5: çok iyi, 1:çok kötü) değerlendirilmiştir.

Nötralizasyon öncesi ve sonrası örnekler arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için analiz sonuçlarına t-testi uygulanmış ve bu amaçla MINITAB (Sürüm 15.1) istatistik analiz paket programından yararlanılmıştır.

### ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Nötralizasyon öncesi ve sonrası vişne suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi vişne suyunun nötralizasyon öncesi (kontrol örneği) 13.5 olan briks derecesi nötralizasyon sonrası 14.7'ye yükselmiştir ve bu artış istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Bu artışın nedeni esas olarak nötralizasyon sırasındaki tuz oluşumu ve suda çözünen bu tuzların çözünen katı maddeyi artırmasıdır. Ayrıca, nötralizasyon sırasındaki ısınma nedeni ile vişne suyu yüzeyinden olası su kaybının da bu artışa dolaylı katkısı söz konusudur.

Nötralizasyon uygulanan vişne suyu örneklerinde titrasyon asitliği ve pH değerindeki değişimlerin de istatistik olarak anlamlı ( $P<0.05$ ) olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Nötralizasyon ile titrasyon asitliğinin 14.0 g/L'den 7.0 g/L'ye düşürülmesi amaçlandığı için bu beklenen bir sonuçtur. Ancak, nötralize edilen ve edilmeyen vişne suyu örnekleri arasındaki titrasyon asitliği farkının önemli ( $P<0.05$ ) olmasına karşılık, L-malik asit ve sitrik asit farkının istatistik olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunması ilginçtir. Paradoksal gibi gözükken durum analiz yöntemi farklılığından kaynaklanmaktadır. L-malik ve sitrik asit enzimatik yöntemle belirlenmiştir ve bu yöntemle belirlenen asit miktarı söz konusu asidin tuz olarak bağlı formunu da içermektedir. Oysa titrasyon asitliği yalnızca serbest asit miktarını yansıtmaktadır.

Öte yandan, kontrol örneğinde 91 mg/L olan Ca miktarının  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{Ca(OH)}_2$  ile nötralize edilen vişne suyu örneklerinde sırası ile 1130 mg/L ve 1169 mg/L'ye, kontrol örneğinde 1630 mg/L olan K miktarının ise  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ile nötralize edilen örneklerde 4520 mg/L'ye arttığı ve bu artışların önemli olduğu ( $P<0.05$ ) görülmektedir. Bu değişimler de nötralizasyonun doğal bir sonucu olduğu için tartışılması gereken bu değişimlerin istatistik açıdan anlamlı olup olmadığı değil beslenme ve duyusal kalite açısından olumlu olup olmadığıdır. Gerek Ca ve gerekse K temel besin ögesidir. Kişi başına günlük gereksinim miktarı Ca için 800 mg, K için ise 2000 mg olarak tanımlanmaktadır (25). Ca kemik ve diş oluşumu ve sağlığı, K ise kan basıncının dengelenmesi açısından önemlidir (26) ve buna göre vişne suyunda Ca ve K artışı beslenme açısından olumsuz değildir.

Çizelge 1. Farklı bazlarla nötralizasyonun vişne suyu kimyasal bileşimine etkisi

Table 1. The effect of neutralization with different bases on the chemical composition of sour cherry juice

Kimyasal Bileşen (Chemical Component)	Kontrol Örneği (Control)	Nötralizasyon 1 (Neutralization 1)		Nötralizasyon 2 (Neutralization 2)		Nötralizasyon 3 (Neutralization 3)	
		CaCO <sub>3</sub>	Fark (Difference)	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Fark (Difference)	Ca(OH) <sub>2</sub>	Fark (Difference)
Briks derecesi / Brix value	13.5	14.7	1.2*	14.7	1.2*	14.7	1.2*
pH değeri / pH	3.3	4.2	0.9*	4.4	1.1*	4.2	0.9*
Titrasyon Asitliği / Titratable Acidity (g/L)	14.0	7.0	7.0*	7.0	7.0*	7.0	7.0*
L-Malik Asit / L-Malic Acid (g/L)	16.2	16.0	-0.2	16.5	0.3	15.8	-0.4
Sitrik Asit / Citric Acid (mg/L)	146.1	142	-4	144	-2	143	-3
Glukoz / Glucose (g/L)	48.9	49.0	+0.1	47.9	-1.0	48.3	-0.6
Fruktoz / Fructose (g/L)	42.1	42.0	-0.1	42.0	-0.1	41.8	-0.3
Sakkaroz / Sucrose(g/L)	-	-	-	-	-	-	-
Glu+Fru(g/L)	91.0	91.0	0	87.9	-3.1	90.1	-0.9
Toplam fenolik bileşen / Total Phenolics (mg catechin /L)	2077	1968	-9	2039	-38	2066	-11
Monomerik Antosiyanin / Monomeric Anthocyanins (mg cyanidin-3 glucoside/L)	264	256	-8	256	-8	257	-7
Polimerik renk / Polymeric color (%)	3.2	3.1	0.1	3.1	0.1	3.1	0.1
Potasyum / Potassium (mg/L)	1630	1623	7	4520	2890*	1617	13
Sodyum / Sodium (mg/L)	26	25	-1	26	0	25	-1
Magnezyum / Magnesium (mg/L)	105	111	+6	98	-7	108	3
Kalsiyum / Calcium (mg/L)	91	1130	1039*	91	0	1169	1078*
Fosfor / Phosphorus (mg/L)	168	165	-1	168	+2	175	+9

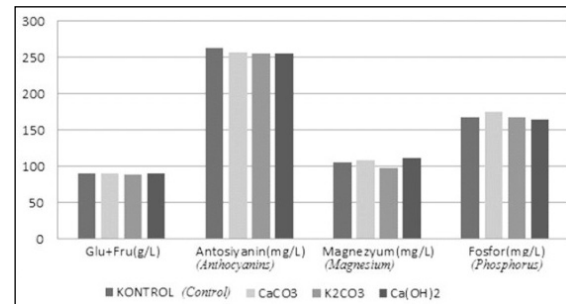
\*Kontrolle göre fark  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir\*The difference compared to control is significant at  $P < 0.05$ 

Vişne suyunda nötralizasyonun uygulanabilirliği bakımından bu değişmelerin olumlu olup olmadığı, diğer özelliklerinin ise hangi düzeyde korunduğu önemlidir. Çizelge 1'deki verilere göre kontrol ve nötralizasyon uygulanan vişne suyu örnekleri arasında diğer kimyasal özellikler açısından anlamlı bir fark ( $P > 0.05$ ) yoktur. Bu olgu; glukoz, fruktoz, toplam fenolik, monomerik antosiyanin, sodyum, magnezyum ve fosfor gibi vişne suyunun başlıca bileşenleri için geçerlidir. Çizelge 1'deki analiz sonuçları dikkate alınarak oluşturulan Şekil 1 de bu durumu daha açık olarak göstermektedir.

Görüldüğü gibi, vişne suyunun kimyasal bileşimi (titrasyon asitliğinin azalması ve katılan katyonların artışı hariç) nötralizasyondan etkilenmemektedir ve bu açıdan farklı nötralizasyon uygulamaları [CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve Ca(OH)<sub>2</sub>] arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır. Öte yandan nötralize edilen vişne suyu bileşiminin AIJN tanı değerleri (27) ile karşılaştırılması da önemlidir. AIJN tanı değerlerine göre vişne suyu titrasyon asitliğinin minimum 12.8 g/L olması gereklidir. Nötralize edilen vişne suyunun titrasyon asitliği (7.0 g/L)

doğal olarak bu limitin altında kalmaktadır. Vişne suyunda Ca için AIJN limitleri 80-240 mg/L, K için ise 1600-3500 mg/L arasındadır. CaCO<sub>3</sub> ve Ca(OH)<sub>2</sub> ile nötralize edilen vişne suyunda Ca miktarı (sırası ile 1130 mg/L ve 1169 mg/L), K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile nötralize edilen vişne suyunda ise K miktarı (4520 mg/L) AIJN maksimum limitlerini aşmaktadır. Ancak diğer bileşenlerin miktarı AIJN tanı değerleri ile uyumludur.

Hangi nötralizasyon uygulamasının amaca daha uygun olduğunun belirlenmesi açısından duyuşal



Şekil 1. Nötralizasyon öncesi ve sonrası vişne suyunun bazı kimyasal bileşenleri

Figure 1. Some chemical components of sour cherry juice before and after neutralization



özelliklerin etkilenme durumu da önemlidir. Bu amaçla nötralizasyon uygulanan vişne suyu örneklerinin tat, koku, renk ve berraklık gibi duyuşsal özellikleri belirlenmiş ve duyuşsal analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’deki verilere göre  $\text{CaCO}_3$  ile nötralize edilen vişne suyunun gerek genel beğeni ve gerekse tat, koku ve berraklık puanları diğer iki örneğe göre oldukça yüksektir.  $\text{Ca(OH)}_2$  ile

uygulanmıştır. Bu uygulamaların vişne suyunun kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi karşılaştırılmıştır. Bulgulara göre nötralizasyon uygulamasının vişne suyu kimyasal bileşimi üzerine önemli bir etkisi yoktur. Yalnızca, katılan baza bağlı olarak Ca ya da K miktarı anlamlı bir artış göstermiştir. Her iki element temel besin ögesi olduğu için bu artış beslenme fizyolojisi açısından olumlu görülebilir. Ancak duyuşsal özelliklerin etkilenmesi açısından durum farklıdır.

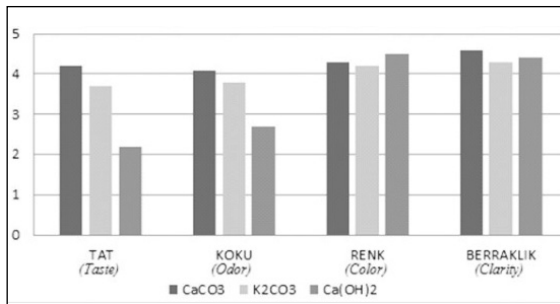
Çizelge 2. Nötralizasyon sonrası vişne suyu örneklerinin duyuşsal analiz puanları  
Table 2. Sensory evaluation scores of sour cherry juice samples after neutralization

Nötralizasyon (Neutralization)	Tat (Taste)	Koku (Odor)	Renk (Color)	Berraklık (Clarity)	Genel Beğeni (General Acceptability)
$\text{CaCO}_3$	4.2	4.1	4.3	4.6	4.1
$\text{K}_2\text{CO}_3$	3.7	3.8	4.2	4.3	3.8
$\text{Ca(OH)}_2$	2.2	2.7	4.5	4.4	2.6

nötralize edilen örneğin ise renk hariç en düşük puanları aldığı görülmektedir.  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ile nötralize edilen vişne suyunun duyuşsal analiz puanları ise bu iki örnek arasında yer almaktadır.

Çizelge 2’deki verileri yansıtan Şekil 2’ de,  $\text{CaCO}_3$  ile nötralize edilen vişne suyunun duyuşsal açıdan daha fazla beğenildiği daha açık olarak görülmektedir.

Duyuşsal analiz puanı düşüklüğü;  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ile nötralize edilen örneklerde tuzlu tat,  $\text{Ca(OH)}_2$  ile nötralize edilen örneklerde ise ecza tadı oluşumundan kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. Nötralizasyon sonrası vişne suyunun duyuşsal analiz puanları

Figure 2. Sensory evaluation scores of sour cherry juice samples after neutralization

## SONUÇ

Vişne suyunun doğal asitliğinin azaltılması ve böylece içime uygun tat dengesinin sağlanması için  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ve  $\text{Ca(OH)}_2$  ile nötralizasyon

$\text{K}_2\text{CO}_3$  ve  $\text{Ca(OH)}_2$  ile nötralizasyon vişne suyunda yabancı tat oluşumuna yol açarken  $\text{CaCO}_3$  ile nötralizasyonun tat ve diğer duyuşsal özellikler üzerine olumsuz bir etkisi yoktur.

Dolayısı ile vişne suyu nötralizasyonu için  $\text{CaCO}_3$ , proses tekniği ve ürün özelliği açısından amaca uygundur. Bununla birlikte, uygulamanın yasal açıdan da irdelenmesi gereklidir.  $\text{CaCO}_3$ ’ün üzüm suyunda şarap taşı oluşumunu önlemek için asitliği düzenleyici olarak kullanıldığı bilinmektedir (28, 29) ve E170 kodu ile katkı maddesi listesinde yer almaktadır (30) ancak katılmasına izin verilen gıdalar arasında meyve suyu yoktur.

## KAYNAKLAR

- Ekşi A, Akdağ E. 2006. Türkiye’de meyve suyu üretimi ve tüketimi. *Dört Mevsim Meyve Suyu*, 4(1), 2-4.
- Anon. 2008. Vişne nektarı standardı, TS 11914. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Pigeon WR, Carr M, Gorman C, Perlis ML. 2010. Effects of a tart cherry juice beverage on the sleep of older adults with insomnia: a pilot study. *J Med Food*, 13(3), 579-83.
- Martin RK, Bopp J, Burrell L, Hook G. 2011. The effect of 100% tart cherry juice on serum uric acid levels, biomarkers of inflammation and cardiovascular disease risk factors *The FASEB J*, 25(339).2).

5. Connolly DA, McHugh MP, Padilla-Zakour OI, Carlson L, Sayers SP. 2006. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med*, 40(8), 679-83, discussion 683.
6. Kuehl KS, Perrier ET, Elliot DL, Chesnutt JC. 2010. Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr*, 7, 17.
7. Ekşi A, Reicheneder E, Kieninger H. 1980. Über die chemische Zusammensetzung der Sauerkirschmutterssäfte aus verschiedenen Sorten. *Flüssiges Obst*, 47, 494-496.
8. Vera E, Ruales J, Dornier M, Sandeaux J, Persin F, Pourcelly G, Vaillant F, Reynes M. 2003. Comparison of different methods for deacidification of clarified passion fruit juice. *J Food Eng*, 59, 361-367.
9. Calle EV, Ruales J, Dornier M, Sandeaux J, Sandeaux R, Pourcelly G. 2002. Deacidification of the clarified passion fruit juice (*P. edulis f. jbvicarpa*). *Desalination*, 149, 357-361.
10. Nur Hafiza Z, Maskat MY, Wan Aida WM, Osman H. 2010. Optimization of deacidification process for Morinda citrifolia extracts using packed column of calcium carbonate. *Int Food Res J*, 17, 1051-1066.
11. Abd El-Salam ASM, Doheim MA, Sitohy MZ, Ramadan MF. 2011. Deacidification of high-acid olive oil. *J Food Process Technol*, S5-001.
12. Munyon JR, Nagel CW. 1977. Comparison of methods of deacidification of musts and wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 28(2), 79-87.
13. Zhu J, Zhong R, Mai Q. 2010. Preparation of a low-acid high-quality kiwifruit juice drink *Mod Food Sci and Technol*, 6.
14. Jie D. 2009. Study on different deacidification process for raspberry liquor. *Anhui Agric Sci Bull*, 17.
15. Şimşek K, Özbay R, Akıncı Ö, ve Ekşi A. 2011. Asidi düşük yüzde yüz vişne suyu için proses geliştirilmesi. Gıda Mühendisliği Tasarım Uygulamaları Projesi, Ankara Üniversitesi, 51s.
16. IFU. 1991. Determination of soluble solids (indirect method by refractometry). IFJP-Analysis Nr. 8. *International Federation of Fruit Juice Producers*, (I.F.J.P.) Paris.
17. IFU. 1996. Determination of titratable acidity. IFJP-Analysis Nr. 3. *International Federation of Fruit Juice Producers*, (I.F.J.P.) Paris.
18. IFU. 1985. Determination of L-malic acid (Enzymatic). IFJP-Analysis Nr. 21. *International Federation of Fruit Juice Producers*, (I.F.J.P.) Paris.
19. IFU. 1985. Determination of citric acid (Enzymatic). IFJP-Analysis Nr. 22 *International Federation of Fruit Juice Producers*, (I.F.J.P.) Paris.
20. IFU. 1985. Determination of glucose and fructose (Enzymatic). IFJP-Analysis Nr. 55. *International Federation of Fruit Juice Producers*, (I.F.J.P.) Paris.
21. Spanos, GA, Wrolstad, RE. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of thompson seedless grape juice. *J.Agric. Food Chem.*, 38, 1565-1571.
22. Giusti MM, Wrolstad RE. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F1.2.13. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
23. IFU. 1965. Determination of total phosphorus. IFJP-Analysis Nr. 35. *International Federation of Fruit Juice Producers*, (I.F.J.P.) Paris.
24. IFU. 1984. Determination of sodium, potassium, calcium and magnesium. IFJP-Analysis Nr. 33. *International Federation of Fruit Juice Produces*, (I.F.J.P.) Paris.
25. Anon. 2011. Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliği 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
26. Skorski ZE. 1997. Chemical and functional properties of food compounds. Technomic Publishing Co. Lancaster. 285 s.
27. AIJN.1990. Code of practice for evaluation of fruit and vegetable juices. European Fruit Juice Association.(AIJN). Brussels.
28. Kardos E. 1979. Obst- und Gemüsesäfte. VEB Fachbuch Verlag, Leipzig, 318 p.
29. Ekşi A. 1987. Meyve suyu durultma tekniği. Gıda Teknolojisi Derneği Yayını, Ankara, 127 s.
30. Anon 2013. Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği. 30 Haziran 2013 tarih ve 28693 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

## TOPLU BESLENME HİZMETLERİNDE ALTERNATİF PIŞİRME YÖNTEMİ: "SOUS VIDE"

Hande Yılmaz\*, Saniye Bilici

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / Received: 20.06.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 24.07.2014

Kabul tarihi / Accepted: 07.08.2014

### Özet

Toplu tüketim yerlerine olan talebin artışıyla birlikte toplu beslenme hizmeti veren kurumlar, hazırladıkları gıdaları, iş akışını kolaylaştırmak, zaman tasarrufu sağlamak, personel verimliliğini arttırmak için daha uzun süre depolayabilmenin yollarını aramaktadır. Sous vide, çiğ veya yarı çiğ gıdaların ısıya dayanıklı vakumlanmış plastik poşetler içinde sıcaklık-süre ilişkisine dikkat edilerek pişirilmesi tekniğidir. Sous vide tekniğinde, vakumlu paketlerde pişirme işlemi uygulandığı için gıdada nem ve aroma kaybının önlenmesi, oksidasyon görülme riskinin elimine edilmesi ve aerobik mikroorganizmaların inaktive edilerek gıdanın depolama süresinin uzatılması gibi avantajlar sağlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında özellikle son zamanlarda sous vide tekniğiyle pişirilmiş gıdaların mikrobiyolojik kalite özelliklerini inceleyen çalışmalar artış göstermiştir. Bu çalışmada sous vide tekniğiyle pişirilme işleminin ürünün mikrobiyolojik kalitesine etkileri ve toplu tüketim yerlerinde bu yöntemin kullanılmasının sağlayacağı muhtemel yararlarından bahsedilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Sous vide, vakumlu pişirme, yeni üretim sistemleri.

## ALTERNATIVE COOKING METHOD IN CATERING SERVICES: "SOUS VIDE"

### Abstract

With increased demand for food catering system, food establishments are looking for ways to store meals longer to facilitate workflow, save time, increase the efficiency of the staffs. Sous vide cooking is defined as cooking raw materials or raw materials with intermediate foods under controlled conditions of temperature and time inside heat-stable vacuumed pouches. Sous vide provides some advantages such as prevention of moisture and aroma losses, elimination of oxidation risk, extending meal storage time by inactivation aerobic microorganisms in meals. When viewed from this perspective, especially recently, studies has increased about examining the microbiological properties of meals cooking by the sous vide technique. In this study, these are considered effects of cooking by using sous vide technique on storage time, product quality and potential benefits of using this technique in foodservices.

**Keywords:** New production systems, sous vide, vacuum cooking.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hndyilmaz@hotmail.com,

☎ (+90) 312 216 2614,

☎ (+90) 312 216 2636

## GİRİŞ

Sous vide, gıdaların vakumlanmış plastik poşetler içinde sıcaklık-süre ilişkisine dikkat edilerek pişirilmesi tekniğidir (1). Fransızcadan gelen "sous vide" terimi "vakum altında" anlamında kullanılmakta olup çiğ veya yarı pişmiş gıdalara uygulanan pişirme tekniği olarak tanımlanmaktadır (2). Sous vide terimi, vakum ambalajlama tekniğinden ayrı bir başlıkta, düşük oksijenli paketleme tekniğinin alt kategorilerinden birisi olarak nitelendirilmektedir. Çünkü vakum ambalajlama prosesi sous vide tekniğinin üretim basamaklarından yalnızca biridir. Dolayısıyla sous vide tekniği vakum ambalajlamadan farklı olarak vakum altında pişirme tekniği şeklinde tanımlanmaktadır (3). Sous vide tarihine bakıldığında bu tekniğin 1970'li yıllardan beri şefler tarafından farklı avantajları sebebiyle diğer pişirme yöntemlerine tercih edildiği bilinmektedir (4). Gıdanın depolama süresinin ve duyu kalitesinin artırılmasına yönelik sağladığı avantajlar ön plana çıkmaya başladıkça 2000'li yıllardan sonra toplu tüketim yerlerinde kullanılması planlanan alternatif pişirme tekniklerinden biri olarak gösterilmeye başlanmıştır (5, 6).

Sous vide pişirme tekniğinin temel aşamaları; ürünün ön hazırlık işleminden ve/veya ön pişirme işleminden geçirilmesi, porsiyonlanarak plastik vakum paketlerde hermetik olarak paketlenmesi, buhar fırınlarında veya sıcak su küvetlerinde sıcaklık-süre takibi yapılarak pişirilmesi (pastörizasyon), buz küvetlerinde veya soğutucularda hızlı soğutulması, sıcaklık-süre takibi yapılarak soğuk depolama, tüketileceği zaman yeniden ısıtma ve servis adımlarından oluşmaktadır (7-9). Sous vide pişirme tekniği proseslerine bakıldığında vakum paketlenmiş gıdaya, belirlenen sıcaklık ve süre boyunca pişirme işlemi (pastörizasyon) uygulandıktan sonra ürünler hızlı soğutuculara veya buz küvetlerine taşınarak soğutma prosesinden geçirilmektedir. Ancak vakum paketlenmiş gıdanın pişirilmesi ile sous vide üretim tekniğinin sonlandığı ve sonrasında vakum paketli gıdaya uygulanan soğutma işleminin sous vide üretim tekniği aşamalarının dışında olduğu da düşünülmektedir. Bu açıdan bakıldığında sous vide pişirme işleminin devamında soğutma işleminin uygulandığı teknik sous vide tekniğinden ayrı bir tanımlamayla, sous vide cook chill (vakum altında pişir soğut) olarak adlandırılmaktadır (10).

Sous vide tekniğinde, pişirme sırasında buhar fırınlarının veya sıcak su küvetlerinin kullanılmasıyla buharın veya suyun etkisiyle sıcaklığın gıdaya daha iyi nüfuz etmesiyle homojen bir pişirme sağlanmaktadır. Bu nedenle geleneksel pişirme yöntemlerinde, gıdanın homojen pişmesini sağlamak amaçlı uygulanan, fırında pişirilen eti veya sebzeyle çevirme veya karıştırma gibi işlemlere gerek duyulmamaktadır. Sous vide tekniğine özgü vakum paketleme prosesinin gıda üzerinde sağladığı avantajlar arasında gıdada nem ve aroma kaybının önlenmesi, oksidasyon görülme riskinin elimine edilmesi ve aerobik mikroorganizmaların gıdada üremesi inhibe edilerek gıdanın depolama süresinin uzatılması yer almaktadır (7-13).

Sous vide tekniği günümüzde sebze, et, çorba ve sos gibi birçok farklı ürün grubuna uygulanmakta olup gıdanın çeşidine göre proses basamakları değişiklik gösterebilmektedir (13). Yukarıda bahsedilen proses basamakları ana başlıkları genellikle sebzeli et yemeklerini kapsamaktadır. Sous vide tekniği pastörizasyon tekniği olarak da belirtildiğinden ve potansiyel riskli gıdaların uzun süre depolanması yönünden sağladığı avantajlardan dolayı et yemeklerine uygulanışı daha sıklıkla araştırılan konular arasında yer almaktadır (1).

### Ön Hazırlık Aşaması ve Ürün Kalitesine Etkileri

Ön hazırlık aşamasında sous vide tekniğiyle pişirilecek olan gıdalara uygulanacak işlemler yalnızca bu tekniğe özgü işlemler değil, geleneksel yöntemle pişirmede de kullanılan işlemlerdir. Örneğin, sous vide tekniğiyle pişirilecek olan sebzelere ayıklama, yıkama ve doğrama gibi ön işlemler uygulanırken, sous vide tekniğiyle pişirilecek olan etlere mühürleme, ön haşlama, marinasyon gibi işlemler uygulanabilmektedir. Özellikle ete uygulanan marinasyon, mühürleme ve ön haşlama gibi işlemlerin sous vide tekniğiyle üretilmiş üründe duyu kaliteyi arttırdığı bilinmektedir (14).

Pişirme öncesi ete uygulanan bir diğer işlem de mekanik yumuşatma işlemidir. Bu işlem sırasında kullanılan ekipmanın etkin fiziksel temizliği ve dezenfeksiyonu sağlanmadığı durumlarda gıdanın kontaminasyonuna sebep olmaktadır (1). Toplu tüketim yerlerinde mekanik yumuşatma prosesinde kullanılan ekipmanın soğutuculu olması ve kullanımdan sonra dezenfekte edilmesi gerekmektedir (15).

Hayvan etlerinin yumuşatılması, lezzet ve aromasının artırılması için zeytinyağı, sirke ve çeşitli baharatlarla hazırlanmış sıvı ile muamele edilmesi olarak tanımlanan marinasyon işlemi sous vide tekniğiyle pişirilecek ete uygulandığında duyu kalitede artış sağlanırken ürüne eklenen baharat ve bitkilerin özelliklerine bağlı olarak mikrobiyolojik kalite de olumlu yönde etkilenebilmektedir (16, 17). Ete uygulanan tuzlama işlemi sırasında tuz, baharat ve kullanılan aroma verici bitki bileşenleri sayesinde lezzetli son ürün elde edilmesi sağlanır (17-19). Bunun yanı sıra, sous vide üretim tekniğinde %3-10 konsantrasyonda kullanılan tuz ve bazı baharatların mikroorganizma inaktivasyonunda özellikle *Clostridium botulinum* inaktivasyonunda etkinliği olduğu belirtilmektedir (1, 10, 11). Pişirme/pastörizasyon işleminin etkinliği için gıdanın başlangıçtaki mikroorganizma yükünün azaltılması da önemli olduğu için ön hazırlık aşamasında hijyen koşullarına üst düzeyde dikkat edilmelidir (20).

#### **Vakum Paketleme Aşaması ve Ürün Kalitesine Etkileri**

Sous vide tekniğindeki vakum paketleme aşaması bu tekniğe spesifik bir aşama olmakla beraber sous vide tekniğinin diğer pişirme yöntemlerinden daha üstün olmasını da sağlayan bir aşamadır. Vakum paketleme aşaması ürünün aroma verici bileşenlerinin korunumu, oksidasyon riskinin elimine edilmesi, aerobik mikroorganizmaların gelişiminin inhibe edilmesi, depolama sırasında gıdanın rekontamine olmasının önlenmesi ve porsiyon kontrolünün sağlanması gibi pek çok avantajı beraberinde getirmektedir (21). Diğer taraftan ne yazık ki vakumlama işlemi ile bütün mikroorganizmaların üremesi inhibe edilememektedir. Özellikle pişirme aşamasında yeterli ısı işlem uygulamasının yapılmayışı sonucu sporlu ve anaerobik mikroorganizmalar gıda vakumlandıktan sonra da üremeye devam ederek insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda vakumlama sonrası uygun ısı işlem gerçekleştirilmemiş ürünlerde özellikle *Clostridium perfringens*, *C. botulinum*, *Listeria monocytogenes* ve *Bacillus cereus* gibi mikroorganizmaların varlıklarını sürdürdükleri ve gıdada tehlike oluşturabilen seviyelere ulaştıkları bildirilmektedir. Dolayısıyla vakumlamadan sonraki aşama olan pişirme aşamasında uygulanacak olan sıcaklık-süre kombinasyonu bu aşamadaki mikrobiyolojik riskleri en aza indirmeyi sağlarken duyu kaliteyi de üst düzeyde korumaktadır (22-24).

Vakum paketleme aşamasında kullanılacak paketin bu teknik için üretilmiş oksijen ve su geçirgenliği en aza indirilmiş ve sıcaklığa dayanıklı paketlerden tercih edilmesi diğer önemli noktalardan birisidir. İyi vakum paketleme koşulları altında O<sub>2</sub> %1'den daha aşağı azaltılırken, doku ve mikrobiyel solunumdan üretilen CO<sub>2</sub> değeri paket içerisinde %10-20'ye yükselir. Yapılan bazı çalışmalarda düşük O<sub>2</sub> miktarı ve CO<sub>2</sub>'nin yükselmesi aerobik mikroorganizmaların özellikle *Pseudomonas* ve *Alteromonas* türlerinin üremesini önleyerek taze etin raf ömrünü artırdığı belirlenmiştir. Vakum paketlenmiş et ve et ürünlerinde pH, su aktivitesi gibi diğer faktörlere de bağlı olarak *Lactobacillus* türleri, anaerobik ve fakültatif türler üreyebilmektedir (25, 26).

#### **Pişirme Aşaması ve Ürün Kalitesine Etkileri**

Sous vide üretim tekniği ile üretilmiş yemeğin mikrobiyolojik açıdan güvenli olmasına zemin hazırlayan en önemli basamak, pişirme işlemi sırasındaki süre-sıcaklık uygulamasının etkin yapılmasıdır (10). Pişirme aşaması iki farklı biçimde yapılabilmektedir: buhar fırınları ve sıcak su küvetleri (1). Dolayısıyla uygulanan pişirme tekniğine ve pişirilecek et ürününün doğranma kalınlıklarına göre süre-sıcaklık değerleri değişiklik göstermektedir (27). Mikrobiyolojik açıdan gıda güvenliğini sağlayabilmek için belirlenen pişirme süre-sıcaklık değerinin hesaplanması özellikle patojen vejetatif mikroorganizmaların ortamdaki tamamen uzaklaştırılması ilkesine dayanarak yapılmaktadır (10). Et ve et ürünlerinde 6.5-7 log aralığında *Salmonella* inaktivasyonunu sağlayan süre-sıcaklık değerleri tercih edilmektedir (28).

Sous vide tekniğiyle pişirilen gıdalar pastörizasyon işlemine tabi tutulan diğer gıdalarla benzer şekilde temelde üç kategori altında toplanabilmektedir:

Çiğ veya sous vide tekniğiyle pastörizasyon sağlanması için gerekli süre-sıcaklık kombinasyonu uygulanmamış gıdalar: İmmün sistemi baskılanmış bireyler tarafından tüketilmemelidir.

Sous vide tekniğiyle pastörizasyon sağlanması için gerekli süre-sıcaklık kombinasyonu uygulanmış gıdalar: Pastörizasyon işlemiyle gıdada bulunan vejetatif bakteriler güvenli düzeye indirilmektedir. Pastörizasyon işlemi takiben hemen tüketime sunulmayacak gıdalar, *Clostridium* sporlarının rejenerasyonunun önlenmesi için hızlı soğutma işlemine tabi tutularak tüketime kadar soğuk depolarda muhafaza edilmelidir.

Sous vide tekniğiyle sterilizasyon sağlanması için gerekli süre-sıcaklık kombinasyonu uygulanmış gıdalar: Gıdada bulunan vejetatif mikroorganizmaların ve sporların miktarının güvenli düzeye indirilmesi işlemidir. Bu işlemin gerçekleşmesi için basınçlı sıcaklığa gereksinim duyulmaktadır. Basınçlı sıcaklık ile iç sıcaklığın 121 °C'de 2.4 dakika kalması sağlanarak sterilizasyon gerçekleştirilmiş olur. Bu işlem ile pişirilmiş gıdaların tadı konserve gıdalara benzemektedir (29).

Sous vide üretim tekniği genel anlamda pastörizasyon tekniği olarak nitelendirilmekle beraber depolama süresinin uzunluğu da vurgulanmaktadır. Pastörizasyon işlemiyle sporlu bakteriler inaktive edilemediği için depolama süresinin uzatılmasıyla mikrobiyolojik açıdan gıda güvenliği ile ilgili akıllarda soru işareti oluşturabilecek bazı temel noktalar bulunmaktadır. Özellikle *C. botulinum* ve *B. cereus* gibi spor oluşturan mikroorganizmalar, vejetatif patojenleri elimine edebilmek için uygulanan minimum sıcaklık uygulamasıyla (70 °C'de 2 dk) inaktive edilememektedir. Sonrasında sous vide paketlerinin depolanması aşamasında 3 °C'de *C. botulinum* ve 4 °C'de *B. cereus* sporları vejetatif hale geçip üremeye devam ederek sağlık açısından risk oluşturmaktadır (30).

### **Sous Vide Yönteminde Uygulanan Pişirme Aşamasının Gıda Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi**

Sous vide tekniğiyle pişirilen et yemeklerinde, sıcak su küvetlerinde yapılan pişirme işleminin tehlikeli sıcaklık (5-65 °C) olarak nitelendirilen aralıktaki sıcaklıklarda uzun süre gerçekleştirilmesi gıda güvenliğini tehdit etmektedir (8). Sıcak su küvetlerinde yapılan pişirme işlemi düşük sıcaklıkta uzun sürede pastörizasyon olarak adlandırılmaktadır (LTLT). Sous vide üretim tekniği kapsamında uygulanan LTLT pastörizasyon ile pişirilen et ve et ürünleri tehlikeli sıcaklık sınırları içinde saatlerce bekletilmektedir (24, 31). Yapılan bir çalışmada dana eti, sous vide LTLT pastörizasyon tekniğiyle 50-65 °C arasındaki sıcaklıklarda 90-390 dakika arasında değişen süreler boyunca pişirilmiştir. Çalışmanın sonucunda uygulanan süre-sıcaklık değerlerinin vejetatif mikroorganizmaların inaktivasyonu için yeterli olduğu ancak *C. botulinum* sporlarının inaktivasyonu için yeterli olmadığı belirtilmiştir (10). Kuzu etlerinin 60, 70 ve 80 °C'lerde ve 6, 12 ve 24 saat süreleri boyunca sous vide LTLT tekniğiyle pişirilecek şekilde 9 farklı gruba ayrıldığı bir çalışmada mikrobiyolojik kalitenin 70 °C'de 12 saat boyunca pişirilen

etlerde en yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca pastörizasyon işleminin etkin olabilmesi için 60 °C'de 6 saat sıcaklık uygulamasının da yeterli olduğu belirtilmiştir (32). Sous vide LTLT pastörizasyon tekniğiyle pişirilen dana etine uygulanan farklı süre-sıcaklık kombinasyonlarının değerlendirildiği (3, 6, 9, 12 saat ve 56, 58 ve 60 °C) bir çalışmada ise duyu kalitenin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, etin sululuk ve hassasiyet oranının tüketici tarafından en çok dikkat edilen özellik olduğu ve 56 °C'de 12 saat pişirmeye et hassasiyetinin maksimum düzeyde korunduğu, aynı sıcaklıkta 3 saat pişirmeye de sululuk oranının en yüksek düzeyde tutulduğu saptanmıştır. Ancak bulunan verilerin öneri verebilmek için yeterli olmadığı belirtilmiştir (33). Çalışmaların sonuçlarına bakıldığında sous vide LTLT pastörizasyon tekniğinde et ve et ürünleri genellikle tehlikeli sıcaklık aralığında uzun süreler boyunca tutulmaktadır (34, 35). Diğer taraftan yapılan çalışmalara bakıldığında su banyosunda pişirilen etlerin pişme süreleri daha uzun görünmesine rağmen istenilen sıcaklığa ulaşma süresi buhar fırınlarında pişirilen etlere göre daha kısa olmaktadır (1, 34).

Özetle çiğ gıdaların pastörizasyon işleminden önce 2 günden fazla depolanmaması ve 2 saat içinde iç sıcaklığının 3 °C'nin altına düşürülmesi gerektiği belirtilmiştir. Pastörize edilmiş gıdaların hızlı bir şekilde servis edilmesi veya soğutularak 3 °C'nin altında depolanması gerektiği vurgulanmıştır (36).

Sous vide LTLT pastörizasyon çalışmalarının sonuçlarına göre pek çok çalışmada patojen vejetatif mikroorganizmaların ve spor oluşturan mikroorganizmaların tehlike oluşturmadığı (11, 32, 37, 38) sınırlı sayıda çalışmalara göre ise spor oluşturan mikroorganizmaların inaktive edilemediği belirlenmiştir (10, 30).

Başka bir çalışmada kısa süreli sıcaklık uygulamasıyla (52-62 °C'de 20-117 dk.) buhar fırınlarında sous vide tekniğiyle pişirilen dana etlerinin farklı depolama sürelerine göre (0, 15 ve 30 gün) mikrobiyolojik kalitesi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* ve *C. perfringens* depolama sürelerinin hiçbirinde saptanmamış olup sous vide pişirme tekniğinin gıda güvenliğinin sağlanması için restoranlarda uygulanması önerilmiştir (39). Sous vide tekniğiyle üretilmiş farklı yemeklerin depolama sürelerine göre mikrobiyolojik kalitesinin araştırıldığı bir

çalışmada gıdalara 10-60 dakika süreleri arasında değişen 85-100 °C sıcaklık uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda uygulanan sıcaklık-süre kombinasyonunda patojenik psikrofil ve toksin üreten *Clostridium* saptanmamıştır. Depolama sıcaklıklarının düşük tutulması (4 °C ve altında) ile sağlık risklerinin en aza indirileceği sonucuna varılmıştır (40). Sous vide tekniğiyle alabalık ve somon pişirme işleminde farklı süre-sıcaklık kombinasyonlarının mikrobiyolojik kalite üzerine etkilerinin değerlendirildiği başka çalışmalarda ise 90°C 15 dakika boyunca ısı işlem uygulanmasının en etkin yöntem olduğu saptanmıştır (41, 42).

### **Soğutma ve Soğuk Depolama Aşaması ve Ürün Kalitesine Etkileri**

Sous vide tekniğiyle üretilmiş et ve et ürünlerinin kalitesini ve raf ömrünü belirleyen pişirme işleminden sonraki diğer önemli nokta ise soğutma ve soğuk depolama işlemidir (16, 43). Et ve et ürünü piştikten sonra hemen tüketilmeyecekse soğutma işlemine tabi tutulmaktadır. Soğutma işlemi, gıdanın iç sıcaklığı 63 °C'den 37 °C'ye en çok 2 saat içinde ve 37 °C'den 4 °C' ye en çok 4 saat içinde inecek şekilde yapılmalıdır (43). İstenilen sıcaklıklara ulaşma süresi gıdanın parça büyüklüğüne ve kullanılan soğutma işlemine göre farklılık göstermektedir. Toplu tüketim yerlerinde buz dolu küvetler veya soğutucu ekipmanlarla soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir (8). Pişirme işlemi sırasında vejetatif patojen mikroorganizmalar inaktive edilmektedir. Ancak spor oluşturan mikroorganizmalar gıdada bulunmaya devam ederek soğukta depolama işlemi sırasında vejetatif hale geçebilmektedir (44). Bu yüzden pişirme işlemi sırasında duyu kaliteyi etkilemeyecek en yüksek sıcaklık tercih edilirken soğutma işlemi sırasında duyu kaliteyi etkilemeyecek en düşük sıcaklık tercih edilmelidir. Soğuk depolama işlemi ile gıdada bulunan mikroorganizmaların üreme periyotlarındaki lag süresinin uzaması sonucu sağlık riskleri en aza indirilmektedir (45, 46). Pastörizasyona dirençli olan sporların vejetatif forma geçip üremeye devam ederek sağlık riski oluşturmasını engellemek amacıyla depolama sıcaklıklarının 3 °C'nin altında tutulması gerekmektedir (47).

Mikroorganizmaların farklı sıcaklıklarda çoğalma özellikleri göz önünde bulundurularak depolama sıcaklıkları belirlenmektedir (8, 48). Bu mikroorganizmalar;

*B. cereus*: Birçok suşu 10 °C'nin altında üreyememektedir. Ancak bazı enterotoksijenik

suşları 4 °C'nin altında üremektedir. Dolayısıyla çiğ gıdalardan çapraz kontaminasyonun önlenmesi, pişirme ve soğutma işlemleri sırasında süre-sıcaklık kontrollerinin etkin yapılması alınabilecek önlemler arasındadır.

Nonpsikrofil *C. botulinum*: Botulizme sebep olan bu *C. botulinum* suşu sıcaklığa karşı oldukça dirençlidir. Ancak 10 °C'nin altında üreyememektedir. Dolayısıyla kontrolünün sağlanabilmesi için etkin soğutma ve soğuk depolama işlem basamaklarının kontrolü gerekmektedir. İngiltere Gıda Standartları Ajansı'na (UKFSA) göre sous vide tekniğiyle üretilmiş gıdalarda en büyük riski teşkil eden psikrofil, non-proteolitik *C. botulinum* riskini en aza indirebilmek için beş temel yöntem bulunmaktadır: sıcaklık-süre kontrolü yapılan etkin pişirme işlemi, gıdanın asiditesi (pH<5), tuz içeriği (>%3.5), su aktivitesi (<0.97) ve kombine edilmiş faktörlerdir. Pişirme sıcaklık-süre kriterlerinden birisi olan 90 °C'de 10 dakika pişirilen ürün 8 °C'nin altında 10-40 gün arasında değişen depolama süresine sahiptir. Yukarıda verilen faktörlerin uygulanmasıyla birlikte depolama süresi 40 güne kadar uzayabilmektedir (11). Benzer şekilde Mikrobiyolojik Gıda Güvenliği Danışma Komitesi'ne (ACMSF) göre; diğer faktörler kontrol altında tutulmadığında sous vide tekniğiyle pişirilmiş et ve et ürünlerinin depolama işleminin 3-8 °C'de 10 gün yapılması gerektiği bildirilmektedir. Ayrıca 3 °C'nin altında *C. botulinum* üremesi inhibe edildiği için en az 3°C'de depolama işlemi önerilmektedir (8). Bu önerilerden farklı olarak Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ise *C. botulinum* riskini en aza indirmek için 5 °C'nin altında depolanması gerektiğini bildirmiştir (11).

Soğuğa toleranslı non-proteolitik *C. botulinum*: Sous vide ürünlerinde depolama sıcaklıklarında da üreyebildikleri için sağlık açısından risk oluşturmaktadır. Depolama sıcaklıklarının kontrolüne ve çapraz kontaminasyona dikkat edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

*C. perfringens*: Sağlık açısından risk oluşturabilecek bu mikroorganizma mezofilik olup 15 °C'nin altında üreyememektedir. Soğukta depolama işleminin kontrollü yapılmasıyla birlikte riskin ortadan kaldırılmış olacağı bildirilmiştir.

*L. monocytogenes*: Psikrofilik bir mikroorganizma olan *L. monocytogenes* özellikle çapraz kontaminasyon sonucu gıdada belirlenmektedir. Pişirme aşamasında 70 °C'de 2 dakikalık sıcaklık uygulamasıyla inaktive olmaktadır. Dolayısıyla pişirme işlemi etkinliği ve hijyenik koşulların

sağlanmasıyla birlikte risk en aza indirilecektir. *Salmonella*: 5 °C'nin altında üreyemediği için uygun depolama sıcaklıklarında ve çapraz kontaminasyonun önlenmesiyle kontrolü sağlanabilmektedir. Sous vide tekniğiyle üretilmiş gıdaların depolanmasıyla ilgili FDA'in son önerisi ise önerilen pişirme işleminin ardından soğutulan gıdanın 5 °C'de en fazla 7 gün, 1 °C' ve altında ise en fazla 30 gün depolama yapılabileceği yönündedir (3). Ayrıca Güney Galler Hükümeti, sous vide tekniğiyle gıdaya 90 °C'de 10 dakika pişirme işlemi uygulayıp 5°C'de depolayan ve 70 °C'de 2 dakika prensibi doğrultusunda pişirme işlemi uygulayıp 3°C'nin altında depolayan gıda işletmelerinde depolama süresi için validasyon çalışmalarının yapılması gerektiğini ve 70°C'de 2 dakika pişirme prensibini uygulayıp 5°C'de depolayan gıda işletmelerinde depolama süresinin 10 gün olarak belirlenmesi gerektiğini bildirmektedir (8).

Diğer taraftan sous vide üretim tekniğiyle pişirilmiş et ve et ürünleriyle ilgili yapılan çalışmalarda farklı sıcaklıklarda depolamanın mikrobiyolojik kaliteye etkisi araştırılmıştır. Uygulanan pişirme işlemi sıcaklık-süre değerlerine ve depolama sıcaklığına göre değişmekle birlikte mikrobiyolojik kalite açısından bakıldığında depolama süresinin oldukça uzun olduğu (3 °C'de 16 hafta, 10 °C'de 12 gün, 4 °C'de 14-18 gün vb.) ve gıdanın depolama süresinin duyusal kalitesindeki değişimler de araştırılarak belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir (10, 35, 49-51).

### **Servis Öncesi Yeniden Isıtma Aşaması ve Ürün Kalitesine Etkileri**

Sous vide tekniğiyle üretilmiş yemekler pişirme işleminden sonra hemen tüketilmeyecekse uygun soğutma işleminin ardından soğuk depolanıp tüketime sunulmadan önce yeniden ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır. Yeniden ısıtma işlemi pişirme aşamasında olduğu gibi iki farklı yöntemle yapılabilmektedir. Bunlar; sıcak su küvetlerinde ve buhar fırınlarında. Sous vide tekniğiyle üretilmiş yemeğe uygulanan yeniden ısıtma işlemindeki tek fark sous vide yönteminde gıdaya plastik poşetler içindeyken ısıtma işleminin uygulanmasıdır. Isıtma işleminin etkin yapılabilmesi için gıdanın pişirme işlemi öncesinde küçük parçalara ayrılmış olması önemli noktalardan birisidir (8). Yeniden ısıtma işlemine spesifik süre-sıcaklık değerleri bulunmamakla birlikte FDA önerisine göre soğukta depolanmış gıdaların en az 74 °C'de 15 saniye bekletilerek, paket içinde bulunan tüketime

hazır gıdaların ise en az 57 °C'ye ısıtılması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca gıdanın tehlikeli sıcaklık aralığında uzun süre bekletilmesinin önüne geçebilmek için 5 °C'den belirtilen ısıtma sıcaklıklarına ulaşma süresinin 2 saati geçmemesi gerektiği belirtilmiştir (3).

### **SONUÇ**

Sous vide üretim tekniği, depolama süresinin uzatılması, duyusal kalite ve mikrobiyolojik kalitenin korunumunun sağlanması gibi birçok avantajı sebebiyle toplu beslenme hizmetlerinde tercih edilmeye başlanan pişirme tekniklerinden birisi haline gelmiştir. Sağladığı avantajların yanı sıra sous vide üretim tekniğiyle ilgili kalite arttırmaya yönelik pişirme süre-sıcaklık ve depolama süre-sıcaklıklarına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Sous vide tekniğiyle üretilmiş et yemeklerinin gıda güvenliğini sağlamak için sadece üretim basamaklarında değil her aşamada etkin hijyen kontrolü sağlanmalıdır. Hammadde temininde güvenilir kaynaklardan ve standartlara uygun satın alma işlemlerinin yürütülmesi, ürüne uygun depolama tekniklerinin kullanımı ve her aşamada personel, ekipman ve hammadde kaynaklı bulaşların önlenmesine yönelik uygulamaların sürekliliği önemlidir. Ayrıca ürünün depolama zaman kontrolünün etkin yapılabilmesi için pişirme işleminden sonraki aşamada ürün soğutulduktan sonra paketlerin üzerine depolama başlangıç tarihi, son kullanım tarihi ve depolama sıcaklığı bilgilerini içeren etiket yapıştırılmalıdır (3, 8, 47).

### **KAYNAKLAR**

1. Baldwin DE. 2012. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1 (1): 15-30.
2. Schellekens M. 1996. New research issues in sous-vide cooking. *Trends Food Sci Technol*. 7 (8): 256-262.
3. FDA. 2013. Food Code. Annex 6. Food Processing Criteria. U.S. Department Of Health And Human Services. <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/RetailFoodProtection/FoodCode/UCM374510.pdf> (Accessed 18 June 2014).
4. Roca J, Bruges S. 2005. Sous-Vide Cuisine. Montagud Editores, Barcelona, Spain, 50-175 p.
5. Picouet PA, Carbo Cofan S, Vilaseca H, Ballbe LC, Castells P. 2011. Stability of sous-vide cooked salmon loins processed by high pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 12 (1): 26-31.



6. Baldwin D. 2014. Sous Vide Cooking. [http://www.douglasbaldwin.com/sous-vide.html#Version\\_History](http://www.douglasbaldwin.com/sous-vide.html#Version_History) (Accessed 18 June 2014)
7. Diaz P, Garrido MD, Banon S. 2010. The effects of packaging method (vacuum pouch vs. plastic tray) on spoilage in a cook-chill pork-based dish kept under refrigeration. *Meat Sci.* 84 (3): 538-44.
8. New South Wales Government Food Authority. 2012. Sous vide Food safety precautions for restaurants. [http://www.foodauthority.nsw.gov.au/\\_Documents/science/sous\\_vide\\_food\\_safety\\_precautions.pdf](http://www.foodauthority.nsw.gov.au/_Documents/science/sous_vide_food_safety_precautions.pdf) (Accessed 1 June 2014).
9. Özturan S. 2009. Vakum ambalajda pişirilmiş (sous vide) balıkta kalite ve raf ömrünün belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek lisans tezi, İstanbul, Türkiye.
10. Shakila RJ, Jeyasekaran R, Vijayakumar A, Sukumar D. 2009. Microbiological quality of sous-vide cook chill fish cakes during chilled storage (3 °C). *Int J Food Sci Technol.* 44 (11): 2120-2126.
11. Galimpin-Johan SMC, Rahman RA, Jamilah B, Man YBC, Rusul G. 2007. Pasteurization, development and storage of sous vide rendang (spicy beef stew). *Journal of Foodservice.* 18 (6): 251-263.
12. Chiavaro E, Mazzeo T, Visconti A, Manzi C, Fogliano V, Pellegrini N. 2012. Nutritional Quality of Sous Vide Cooked Carrots and Brussels Sprouts. *J Agric Food Chem.* 60 (23): 6019- 6025.
13. Iborra-Bernad C, Philippon D, Garc a-Segovia P, Mart nez-Monz J. 2013. Optimizing the texture and color of sous-vide and cook-vide green bean pods. *LWT-Food Sci Technol.* 51 (2): 507-513.
14. Light N, Walke A. 1990. *Cook-Chill Catering: Technology and Management.* Springer.
15. FAO. <http://www.fao.org/docrep/010/ai407e/ai407e04.htm> (Accessed 8 June 2014)
16. Altuntaş İ. 2012. Vakum ve modifiye atmosfer paketlenen keten tohumu ile zenginleştirilerek soğukta depolanan sığır eti köftelerinin raf ömrü üzerine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans Tezi, Samsun, Türkiye.
17. Çetinkaya S. 2013. Vakum paketli pişirilen (sous vide) gökkuşuğu alabalığı (*oncorhynchus mykiss walbaum, 1792*)'nin soğuk depolanması sırasında kalite özelliklerine doğal antioksidanların etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı Doktora Tezi, Isparta, Türkiye.
18. Myhrvold N, Young C, Bilet M. 2011. *Modernist Cuisine: The Art and Science of Cooking.* The Cooking Lab, Bellevue, Washington.
19. Szerman N, Gonzalez CB, Sancho AM, Grigioni G, Carduza F, Vaudagna SR. 2012. Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles. *Meat Sci.* 90 (3): 701-10.
20. Parker ACB. 1994. Use of HACCP by the chilled food industry. *Food Control.* 5 (3): 167-170.
21. Mol S, Özturan S. 2009. Sous-Vide Teknolojisi Ve Su Ürünlerindeki Uygulamalar. *Journal of Fisheries Sciences.* 3 (1): 68-75.
22. Betts G, Gaze J. 1995. Growth and heat resistance of psychrotrophic *Clostridium botulinum* in relation to sous vide products. *Food Control.* 6 (1): 57-63.
23. Gould G. 1996. Conclusion of the ECFE Botulinum Working Party. II. European Symposium on Sous vide, 10-12 April, Leuven, Belgium, pp. 173-180.
24. Christensen L, Ertbjerg P, Loje H, Risbo J, Berg FWJ, Christensen M. 2013. Relationship between meat toughness and properties of connective tissue from cows and young bulls heat treated at low temperatures for prolonged times. *Meat Sci.* 93 (4): 787-95.
25. Kılınç B, Caklı S. 2001. Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyel florası üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi.* 18 (1-2): 279- 291.
26. Gökoğlu N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye, 157 s.
27. FDA, 2011. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance, Technical Report. U.S. Department of Health and Human Services. <http://www.fda.gov/downloads/food/guidanceregulation/ucm251970.pdf> (Accessed 1 May 2014)
28. USDA. [http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/95-033F/95-033F\\_Appendix\\_A.htm](http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/95-033F/95-033F_Appendix_A.htm) (Accessed 11 April 2014)
29. Rybka-Rodgers, S. 2001. Improvement of food safety desing of cook-chill foods. *Food Res Int.* 34 (5): 449-455.
30. Carlin F, Girardin H, Peck MW, Stringer SC, Barker GC, Matinez A, Fernandez A, Fernandez P, Waites WM, Movahedi S, Leusden F, Nauta M, Moezelaa R, Torre MD, Sonia L. 2000. Research on factors allowing a risk assessment of spore-forming pathogenic bacteria in cooked chilled foods containing vegetables: a FAIR collaborative project. *Int J Food Microbiol.* 60 (2-3):117-35.

31. Christensen L, Gunvig A, Torngren MA, Aaslyng MD, Knochel S, Christensen M. 2012. Sensory characteristics of meat cooked for prolonged times at low temperature. *Meat Sci.* 90 (2): 485–489.
32. Roldan M, Antequera T, Martin A, Mayoral AI, Ruiz J. 2013. Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Sci.* 93 (3): 572–578.
33. Mortensen ML, Frost MB, Skibsted LH, Risbo J. 2012. Effect of Time and Temperature on Sensory Properties in Low-Temperature Long-Time Sous-Vide Cooking of Beef. *Journal of Culinary Science & Technology.* 10 (1): 75–90.
34. Diaz P, Nieto G, Banon S, Garrido MD. 2009. Determination of Shelf Life of Sous Vide Salmon (*Salmo Salard*) Based on Sensory Attributes. *J Food Sci.* 74 (8): 371–76.
35. Roldan M, Antequera T, Armenteros M, Ruiz J. 2014. Effect of different temperature–time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chem.* 149: 129–136.
36. Is cooking sous vide safe? <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.sousvidecooking.org%2Fis-sous-vide-cooking-safe%2F&date=2014-05-26> (Accessed 26 May 2014).
37. Armstrong GA, McIlveen H. 2000. Effects of pro- longed storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference.* 11 (5): 377–85.
38. Peck MW, Goodburn KE, Betts RP, Stringer SC. 2006. Clostridium botulinum in vacuum packed (VP) and modified atmosphere packed (MAP) chilled foods. Final Project Report (B13006). [http://www.ifr.ac.uk/info/science/foodborne pathogens/docs/Final\\_project\\_report\\_0707.pdf](http://www.ifr.ac.uk/info/science/foodborne pathogens/docs/Final_project_report_0707.pdf) (Accessed 8 April 2014)
39. Sebastia C, Soriano JM, Iranzo M, Rico H. 2010. Microbiological quality of sous vide cook–chill preserved food at different shelf life. *Journal of Food Processing and Preservation.* 34 (6): 964–974.
40. Nissen H, Rosnes JT, Brendehaug J, Kleiberg GH. 2002. Safety evaluation of sous vide-processed ready meals. *Lett Appl Microbiol.* 35 (5): 433–438.
41. Gonzalez-Fandos E, Garcia-Linares MC, Villanero-Rodriguez A, Garcia-Arias MT, Garcia-Fernandez MC. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. *Food Microbiol (Lond).* 21 (2): 193–201.
42. Gonzalez-Fandos E, Garcia-Linares MC, Villanero-Rodriguez A, Garcia-Arias MT, Garcia-Fernandez MC. 2005. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food Control.* 16 (1): 77–85.
43. T. C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Gıda Satış Yerleri İçin İyi Hijyen Uygulamaları Rehberi. <http://www.tesk.org.tr/tr/calisma/gida/gidasatishijyen.pdf> (Erişim Tarihi: 13.04.2014).
44. Tansey F, Gormley R, Butler F. 2010. The effect of freezing compared with chilling on selected physico-chemical and sensory properties of sous vide cooked carrots. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 11 (1): 137–45.
45. Roldan M, Antequera T, Palacios-Perez T, Ruiz J. 2014. Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins. *Meat Sci.* 97 (1): 69–75.
46. Papadopoulou OS, Panagou EZ, Mohareb FR, Nychas GJE. 2013. Sensory and microbiological quality assessment of beef fillets using a portable electronic nose in tandem with support vector machine analysis. *Food Res Int.* 50 (1): 241–249.
47. Diaz P, Garrido MD, Banon S. 2011. Spoilage of Sous Vide Cooked Salmon (*Salmo salar*) Stored Under Refrigeration. *Food Sci Tech Int.* 17 (1): 31–7.
48. Carlin F. 2014. *Encyclopedia of Food Microbiology.* Academic Press. New York. USA. 621–626 p.
49. Durmuş M. 2010. Farklı mevsimlerde avlanan sardalya (*sardinella aurita valenciennes, 1847*)’nin 4 C’ de vakum paketlenmiş olarak depolanmasında oluşan duyuşsal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek lisans Tezi, Adana, Türkiye.
50. Pulgar JS, Gazquez A, Carrascal JR. 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Sci.* 90 (3): 828–835.
51. Mol S, Ozturan S, Cosansu S. 2012. Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged whiting (*merlangius merlangus euxinus, nordman, 1840*) stored at cold (4C) and temperature abuse (12C). *Journal of Food Processing and Preservation.* 36 (6): 497–503.

## MEYVE SEBZE İŞLEMEDE MİKRODALGA HAŞLAMA UYGULAMALARI

Duygu Başkaya Sezer; Aslıhan Demirdöven\*

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş tarihi / Received: 30.06.2014  
Kabul tarihi / Accepted: 27.08.2014

### Özet

Meyve ve sebze işleme sanayinde kullanılan geleneksel haşlama yöntemleri, uzun işlem süreleri, yüksek işlem maliyetlerinin yanında ürünlerin besinsel, duyu ve tekstürel özelliklerinde bazı istenmeyen etkiler meydana getirmektedir. Son yıllarda teknolojik gelişmeler ile beraber tüketicinin hızlı hazırlanan gıda tercihinin artması ile gıda sanayi, ürün kalitesini koruyarak, pratik ve düşük maliyetli işleme tekniklerine yönelmiştir. Meyve ve sebze işlemede de bu tekniklerin kullanılması ile üretim maliyetleri düşürülerek verim artışı sağlanmaktadır. Bunlardan biri olan mikrodalga, geleneksel yöntem alternatif olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede mikrodalga haşlama uygulamasının enzim inaktivasyonu, toplam pektin, toplam karotenoid, renk, doku ve ağırlık değişimi gibi bazı kalite özelliklerine etkilerinin geleneksel haşlama uygulaması ile kıyaslanması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, mikrodalga haşlama uygulamasının minimal işlem özellikleri, enerji ve zaman tasarrufu, işlem hızı, etkin enzim inaktivasyonu açısından avantajlarının yanı sıra, hızlı ısı değişimi nedeni ile ürünlerde nem kaybına bağlı ağırlık azalması ve renk farklılıkları meydana getirdiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Haşlama, mikrodalga, enzim, doku, renk.

## MICROWAVE BLANCHING APPLICATIONS in FRUIT and VEGETABLE PROCESSING

### Abstract

Conventional blanching methods used in fruit and vegetable processing industry generates some deleterious effects on nutritional, organoleptic and textural properties of foods, besides having long process time and high operating costs. In recent years, with technological developments and choice of consumers trends toward instant-prepared foods, food industry is apt to practical and low-cost processing techniques along with preserving quality of material. Similarly, in vegetable and fruit processing, production costs are being tried to cut in the expectation of increase in efficiency that is ensured by using these techniques. Microwave being one of them is used as an alternative to conventional method. In this review it is aimed that comparing the effects of microwave blanching application on certain quality characteristics such as enzyme inactivation, total pectin, total carotenoid content, color, texture, change in weight, with those of conventional blanching treatment. Consequently, it has been determined that microwave blanching application provides advantages from the point of view of giving minimal process characteristics, saving of energy and time, high process rate, efficient enzyme inactivation, however, weight loss and color differences relating with loss in moisture content arising due to flash heating mechanism.

**Keywords:** Blanching, microwave, enzyme, texture, color.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ aslihan.demirdoven@gop.edu.tr,

☎ (+90) 356 252 1616 (2895),

☎ (+90) 356 252 1729

## GİRİŞ

Mikrodalga hacimsel ısıtma sağlayan dielektrik ısıtma tekniklerindedir. Hacimsel ısıtma nedeni ile ısıtmanın materyalin içinde oluşması, mikrodalga ürün penetrasyonunun fazla olmasından ve su molekülleri tarafından absorbe edilmesinden dolayı, ürünler geleneksel yöntemden daha kısa sürede istenilen sıcaklık düzeylerine getirilebilmektedir (1). Bu nedenle mikrodalga tekniği, geleneksel yöntemlerden 3 kat daha hızlı ısıtma sağlamakta, enerji gereksinimi düşük; fakat enerji verimi yüksek olmaktadır (2). Ayrıca ekipmanlarının kolay temizlenebilmesi, az yer kaplaması, ambalajlı gıdalara da uygulanabilir olması ve besin öğeleri içeriğini korumasından (1, 3) dolayı geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılmaktadır.

Mikrodalga, gıda endüstrisinde; ısıtma, pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon, çözündürme, haşlama, kurutma, dezenfekte etme, kavurma ve ekstraksiyon gibi işlemlerde kullanılabilir (4-7).

Bu işlemler sırasında mikrodalga penetrasyon derinlikleri ürüne göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, 2450 MHz frekans ile havuçta 23.15 mm, bezelyede 17.17 mm, enginar da ise 21.19 mm penetrasyon saptanmıştır (8). Bu yüzden materyallerin ısınmaları arasında farklılıklar meydana gelmekte; ıspanak; 99 °C sıcaklığa 20 saniyede ulaşırken, 3 mm kalınlığındaki havuç örnekleri 92 °C'ye 58 saniyede, biber ise 101 °C'ye 59 saniyede ulaşmaktadır (1). Materyalin elektriksel iletkenlik ve dielektrik özelliklerindeki değişikliklere bağlı olarak da mikrodalga haşlanan örneklerde daha kısa sürede sıcaklık düşüşünün meydana geldiği ifade edilmiştir (9).

Mikrodalga uygulamalarında örnek miktarı azaldıkça absorbe edilen güç miktarı artmaktadır. Uygulanan güç miktarındaki artış ise ürün tarafından absorbe edilen gücü arttırmakta, işlem süresini kısaltmaktadır. Örneğin ıspanakta absorbe edilen güç, 360 W için 220.5 W; 600 W için 233.7 W; 900 W için ise 856.8 W'dır (1).

Buna göre bu derlemede, mikrodalga haşlama uygulamasının enzim inaktivasyonu, toplam pektin, toplam karotenoid, renk, doku ve ağırlık değişimi gibi bazı kalite özelliklerine etkilerinin geleneksel haşlama uygulaması ile kıyaslanması amaçlanmaktadır.

### Enzim İnaktivasyonu

Mikrodalga gıda işlemede enzim inaktivasyonu

amacıyla geleneksel ısı işlemlerin yerine kullanılmaktadır (7, 10). Mikrodalga güç seviyesi arttıkça enzim (peroksidaz, pektin methilesteraz, polifenol oksidaz) inaktivasyonu hızlanmakta böylece, işlem süresi azalmaktadır (11-14). Peroksidaz inaktivasyonu sağlamada mikrodalga işlem süresinin geleneksel yöntemle göre en az %30 daha kısa sürdüğü ifade edilmiştir (15). Hatta geleneksel olarak buhar ve suda haşlamada peroksidaz inaktivasyon süresi açısından önemli bir farka rastlanmazken mikrodalga haşlamada bu süre ürün çeşidine göre değişiklik göstermiş, bezelyede %50, havuçta %44.4 ve enginar da %60 daha kısa sürede haşlama işlemi gerçekleşmiştir (8). Bu durum; mikrodalga ısı etkisinin yanı sıra ısı olmayan etkileri ile de açıklanabilmektedir. Bu mekanizmalardan biri olan enzim proteinlerinin mikrodalga alanı ile interaksyonu sonucu, enzimin inaktive olduğu düşünülebilir. Proteinlerin polar veya yüklü bileşenleri içermesinden ve enzimlerin mikrodalga ısı olmayan mekanizmasından daha çok etkilenmesinden dolayı inaktivasyonun hızlandığı hatta aktivite kaybının geleneksel yöntemle göre daha etkili ve kısa sürede gerçekleştiği bilinmektedir (16-19).

Buna göre mikrodalga uygulaması geleneksel yöntemle göre peroksidaz üzerine daha etkilidir (12, 20). Fakat diğer taraftan materyalin yüzey alanının hacmine oranı düşük ise peroksidaz inaktivasyonu için mikrodalga ısı olmayan yöntemle tercih edilebileceği ifade edilmektedir (1).

Peroksidaz enziminin de ısıya duyarlı ve dirençli formları bulunmaktadır. 700 W için %70-100 mikrodalga güçlerinde peroksidaz inaktivasyonunun büyük bölümü 1. dakikada gerçekleşirken, materyalin özelliğine ve peroksidaz enziminin ısıya dirençli formuna bağlı olarak süre artmaktadır. Brokoli, yeşil fasulye, kuşkonmaz, brüksel lahanası ve havuç ile yapılan çalışmalarda 2 dakikada aktivitenin oldukça azaldığı saptanmıştır. Düşük mikrodalga güçlerinde (<%60) ise inaktivasyon için daha uzun işlem sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır (21-24). Fakat her ne kadar peroksidaz enziminin benzer özelliklerinden bahsedilse de farklı materyallerde enzimin davranışları ve materyal içindeki yerleşiminden kaynaklanan farklılıkların olduğu göz ardı edilmemelidir (25).

Bir diğer açıdan, depolama aşamasında enzim rejenerasyonu ürünün kalitesini olumsuz yönde

etkilemektedir. Minimum rejenerasyon için işlemin etkin, sürenin uzun olması gerekmektedir. Her materyal, enzim karakteristiğine bağlı olarak farklılık gösterse de havuçla yapılan bir çalışmada 700 W'de 50 gram örnek için işlem süresi en az 60 saniye olarak saptanmıştır (21). Enzimlerin özellikle ısıya dirençli formları olmak üzere, düşük mikrodalga güçlerinde daha uzun işlem sürelerinde daha etkili ve yüksek oranda inaktivasyonunun gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca mikrodalga haşlama sırasında mikrodalga güç seviyesinin ve işlem süresinin inaktivasyona etki ettiği fakat kullanılan haşlama suyu miktarının inaktivasyon üzerine anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir (26).

### **Toplam Pektin ve Doku**

Bitkisel dokularda sertlik ve sıklık özelliklerine etki eden en önemli faktörlerden biri pektik maddelerdir. Isıl işlemler, pektik materyallere direkt ya da dolaylı etki ederek ürünün sağlamlık ve dayanıklılığını düşürür ve dokuda yumuşama meydana getirir (27). Geleneksel yöntemle haşlanan örneklerde, doku değerlerinin ürünün pektin içeriği ile daha yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. Pektin miktarı azaldıkça ürünün doku değerleri de azalmaktadır (28, 29). Bu durumu düşük sıcaklıkta uzun süre gerçekleştirilen ısı işlemler sonucu hücre zarının seçici geçirgenliğinin zarar görmesi tetiklemektedir. Böylece katyonların hücre içinden hücre duvarına doğru nüfuz etmesi ile pektin metilesteraz enzimi aktive olarak pektik maddelerdeki metil esterlerin hidrolizi ile pektinlerin kısmi de-esterifikasyonunu gerçekleştirmektedir (30, 31). Bu durum doku yumuşamasına ve dayanıklılığın azalmasına neden olmaktadır. Yüksek sıcaklıkta ise doku yumuşaması ilk fazda sıcaklığın iç doku katmanlarına transferi ile gerçekleşmekte, sıcaklığın yaklaşık 50 °C sıcaklığa erişmesi ile hücre membranları zarar görmeye başlamakta, hücresel turgor oldukça hızlı şekilde bozulmaktadır. Fakat hücre duvarı pektin molekülleri henüz bu durumdan etkilenmemektedir (28). Isıl işlemin devam etmesi durumunda ise hücre duvarı ve orta lamel arasındaki pektinin yapısı bozularak, çözünür hale geçmekte (32) böylece, hücreler arasındaki boşluklar artmakta ve yapı yumuşamaktadır (28, 29).

Toplam pektin miktarı pektin metilesteraz inaktivasyonu ile doğrudan ilişkilidir. Enzim inaktivasyonunun yüksek oranda ve hızlı şekilde gerçekleşmesinden dolayı, pektin içeriğinin

yüksek mikrodalga gücünde geleneksel yöntemle göre daha iyi korunduğu saptanmıştır (13, 26). Diğer taraftan, mikrodalga haşlanan örneklerde mikrodalga güç seviyeleri arttıkça pektin değerleri artarken doku değerlerinin azalmış olduğu gözlenmektedir (33). Bunun mikrodalğanın ısı olmayan etki mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü hemiselüloz ve selüloz yapılarında pektinden farklı olarak ısı etkisi ile meydana gelen değişimler oldukça düşüktür. Burada mikrodalğanın iyonik elektrostatik ve hidrojen bağları üzerine yıkıcı etkisinden kaynaklı oluşabilecek doku yumuşamaları söz konusu olabilmektedir (34). Diğer bir açıdan, yüksek mikrodalga güçlerinde hemiselüloz-selüloz yapısının değişimi ile hemiselüloz miktarının azalarak doku yumuşamasının meydana geldiği ifade edilmiştir (35).

Mikrodalga haşlama işleminde sıcaklığın 110 °C'yi geçmesi ile meydana gelen sıcak noktalar, ürün kalitesini olumsuz etkilemekte (kuruma, kararma, besin maddeleri kaybı gibi) ve doku direncini düşürmektedir. Hatta yüksek mikrodalga güç uygulaması üründe yanıklar oluşturabilmektedir (23, 36). Bu açıdan ısının eşit dağılımı mikrodalga işlemlerinde oldukça önemlidir (21).

Mikrodalga ısıtma sırasında moleküller arası sürtünmeden kaynaklı hücre içi basıncı oluşabilmekte ve bu basınç, hücre içeriği ve yerleşimine de zarar vermektedir. Örneğin, mikrodalga uygulaması ile bitkisel dokularda meydana gelen kılcal gözenek yapısı ve su tutma kapasitesinde bazı değişimler meydana gelebilmektedir (37). Fakat düşük mikrodalga gücü (350 W) ile işlenmiş üründe; daha iyi mekaniksel performans sağlandığı ve hidrofilik özellikler ile makromolekül hareketliliği artarak hücre duvarı polimerlerini değiştirmektedir. Doku yerleşimi ve hücreler arası adhezyon açısından da düşük mikrodalga güçlerinin, geleneksel yöntem ve yüksek mikrodalga güçlerine üstünlüğü söz konusudur. Çünkü bu güç seviyesinde komşu hücreler birbiri ile temasta iken, yüksek güç ve geleneksel yöntem uygulanan örneklerde hücre duvarı ve orta lamelde  $\beta$ -eliminasyonuna bağlı pektinin çözünür hale geçmesi ile meydana gelen ayrılmalar daha belirgin düzeyde olmakta, ayrıca materyalin hidrasyon özelliği daha çok zarar görmektedir (35). Özellikle yüksek mikrodalga güçlerinde üründe istenmeyen özelliklerin oluşumu

söz konusu olabildiğinden (21) işlem koşullarının (uygulama süresi, mikrodalga güç düzeyi gibi) optimizasyonu önem taşımaktadır (38).

### **Renk**

Bir ürüne dokunmadan ürünün muhtemel tadını ve kalitesini değerlendirmek için en önemli kriterlerden biri renktir. Özellikle minimal işlem görmüş sebzelerde renk oldukça önemlidir. Renk değerleri, uygulanan işlem türü, işlem süresi, materyalin cinsi ve mikrodalga güç seviyesi gibi kriterlere göre değişiklik göstermektedir.

Düşük mikrodalga güçlerinde renk değerlerinin daha parlak (yüksek L\*), toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) ve kroma-renk yoğunluğu değerlerinin ( $\Delta C$ ) de daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (22, 26). L\* (parlaklık) değerlerinin yanı sıra a\* (kırmızı-yeşil), b\* (sarı-mavi) değerlerinin geleneksel haşlanan örneklerde daha yüksek olduğu, depolamadan sonra mikrodalga uygulanan örneklerin parlaklık (L\*) değerlerinin daha iyi renk sonuçları verdiği görülmektedir (39, 40). Materyalin çeşidine göre renk değerlerindeki değişimler farklılık göstermektedir. Bezelye ile yapılan çalışmada da mikrodalga haşlanan örneklerin b\* değerlerinin daha yüksek olduğu ve depolama sonrasında da geleneksel haşlanan örneklerin değerlerinden daha yüksek seyrettiği belirlenmiştir (40).

Yüksek mikrodalga gücü, kısa işlem süresi koşullarında yeşil renkli bir örnek için renk değerlerinin daha mat (düşük L\*) fakat daha yeşil (düşük a\*) olduğu saptanmıştır (41). Diğer taraftan; uzun mikrodalga işlemlerde de klorofilin ısı bozulmasından kaynaklı feofitine dönüşerek renk kaybı meydana gelmesi ile beyazımsı yeşil renk oluşmaktadır (42).

Mikrodalga uygulamasının ilk anda ürünün L\* değerini daha çok düşürdüğü işlemin devamı ile değerlerin artış gösterdiği belirlenmiştir (24). Diğer yandan mikrodalga haşlama işleminin ambalaj materyali içinde ağzı kapalı şekilde yapılması ile ürünün renk açısından kontrole en yakın değerde kaldığı, suda ve buharda geleneksel haşlanan örneklerden depolama öncesi ve sonrasında daha iyi değerler verdiği bilinmektedir (39, 40). Buna göre mikrodalga haşlanan örneklerin geleneksel haşlanan örneklerle göre daha kısa sürede benzer görüntüye ulaştığı ifade edilebilmektedir (3).

### **Ağırlık Değişimi**

Mikrodalga, su molekülleri tarafından absorbe

edilerek materyal içerisinde hacimsel ısıtma meydana getirdiği için içten kurutma özelliği göstererek ürünlerde ağırlık azalması meydana getirmektedir (43). Bu ağırlık değişimi materyale, işlem çeşitlerine, mikrodalga güç seviyelerine, işlem sürelerine, haşlama suyu miktarına ve ortamın fiziksel koşullarına bağlı olarak farklılaşmaktadır.

Geleneksel yöntemde suda çözünen maddelerin kaybedilmesinden kaynaklanan ağırlık azalması ya da yapıdaki kolloidlerin su tutma özelliğinden ve suyun hücrelere bağlanmasından dolayı ağırlık artışı ile karşılaşılabilir (1, 11). Mikrodalga haşlamada ise, güç seviyesinin ve işlem süresinin artışına bağlı olarak örnek ağırlığı azalmaktadır. Patricia ve ark (2011)'nin yaptıkları çalışmada mikrodalga haşlanan brokoliler %50 ve %60 mikrodalga güç düzeylerinde ağırlık kaybı <%5 iken, %80 için %5-10 arasında, %100 güç düzeyinde ise >%20 şeklindedir (23). Benzer şekilde Begum ve Brewer (2001; 2003) çalışmalarında da brokoli, yeşil fasulye, kuşkonmaz ve domateste mikrodalga haşlanan örneklerde özellikle mikrodalga gücünün artışı ile daha fazla ağırlık kaybı belirlemiştir (22, 39). Ramesh ve ark. (2002)'nin çalışmalarında da mikrodalga işlem sürelerinin artışı ile ıspanak, biber ve havuç örneklerinde ağırlık kayıplarının arttığı saptanmıştır (1).

### **Toplam Karotenoid**

Isıl işlem ile sebzelerde belirlenebilen toplam karotenoid içeriği stabil hale gelmekte ve ürün çeşidine bağlı olarak yaklaşık %2–25 artış göstermektedir (44). Mikrodalga haşlanan ürünlerde toplam karotenoid içeriğinin geleneksel haşlanan örneklerden daha yüksek olduğu bilinmektedir (1, 45). Bunun nedeninin hücre içerisinde kromoplastlarda bulunan karotenoidlerin, mikrodalga'nın ısı olmayan etki mekanizması ile geleneksel yöntemde göre daha çok zarar gören hücre zarından salınan kromoplastlardaki karotenoidlerin daha yüksek miktarda belirlenebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, Pellegrini ve ark. (46) ile El-Din ve ark.'nın (47) çalışmalarında da mikrodalga uygulanan brokoli, beyaz lahanaya, karnabahar, brüksel lahanası gibi ürünlerde de pişirme yöntemlerine göre ürünlerin karotenoid içerikleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır (45). Diğer taraftan mikrodalga'nın başka elektriksel yöntemler ile kombine edilmesi ile toplam karotenoid içeriğinin yükseldiği belirlenmiştir (13).

Bunların dışında son yapılan çalışmalar mikrodalga haşlamanın, havuç (48), gotu kola (*Centella asiatica* (L.) (49), çemen otu, ıspanak (50), bamyaya (51), elma (52), biber (53), üzüm (54), avokado (55), lahanaya (56) mineral madde tutulumu, fitokimyasal ve fenolik madde içeriği, antioksidan etkileri, daha iyi renk değerleri, minimum kayıp, raf ömrü, ön işlem olarak ürün kalitesine etkisi gibi özellikleri üzerine etkileri de incelenmiş ve olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir.

### SONUÇ

Genel olarak, kısa işlem süresi ve yüksek enzim inaktivasyon oranı açısından mikrodalga tekniğinin geleneksel yöntemle göre daha üstün olduğu görülmektedir. Özellikle düşük mikrodalga güçlerinde yüksek mikrodalga güçlerine ve geleneksel yöntemle göre enzimlerin ısıya dirençli formlarının büyük bir kısmı inaktive edilebilmektedir. Ayrıca, hızlı enzim inaktivasyonu ile pektinin korunumu sağlanmaktadır. Örneklerin doku değerlerinde ise ısı mekanizmasının yanı sıra ısı olmayan etki mekanizmaları da göz önüne alınmalıdır. Diğer taraftan, mikrodalga ile ürünlerin nem içeriği azalmakta kuru madde oranı artmaktadır. Bu durum ambalaj içerisinde haşlama ile nispeten giderilebilmektedir. Yüksek mikrodalga gücü ile örnekler düşük L\* ve a\* değerlerine sahip olmakta, fakat depolama sonrasında geleneksel haşlanan örneklerin L\* değerleri ile belirgin farklılıklar oluşmamaktadır. Ayrıca uzun işlem sürelerine dikkat edilmesi, pigmentlerin ısı bozulmalarını önlemek açısından önem taşımaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Ramesh MN, Wolf W, Tevini D, Bognár A. 2002. Microwave blanching of vegetables. *J Food Sci* 67 (1): 390-398.
2. Knutson KM, Marth EH, Wagner MK. 1987. Microwave Heating of Food. *Lebensm- Wiss Technol* 20: 101-110.
3. Bedouia ID, Abdellaoui H, Alexa R, Jacolot P, Druon C, Tessier FJ, Laguerre JC. 2011. Optimization of microwave cooking of courgette in terms of nutrient preservation ve energy consumption. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11). *Procedia Food Sci* 1: 805-813.

4. Demirdöven A, Baysal T. 2008. Meyve ve sebze işleme sanayinde yeni uygulamalar, Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs, Erzurum Türkiye, 207-210.
5. Uysal N, Sumnu G, Sahin S. 2009. Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. *J Food Eng* 90: 255-261.
6. Routray W, Orsat V. 2012. Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review. *Food Bioprocess Technol* 5: 409-424.
7. Chandrasekaran S, Ramanathan S, Basak T. 2013. Microwave food processing-A review. *Food Res Int* 52: 243-261.
8. Baysal T. 1994. Bazı sebzelerin kalitesine mikrodalga ve diğer haşlama yöntemlerinin etkileri üzerine araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi İzmir, Türkiye, 164 s.
9. Wanga Y, Zhang M, Mujumdar AS, Mothibe KJ, Azam SMR. 2012. Effect of blanching on microwave freeze drying of stem lettuce cubes in a circular conduit drying chamber. *J Food Eng* 113: 177-185.
10. Demirdöven A. 2009. Portakal suyu üretiminde bazı elektriksel yöntemlerin verim ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi İzmir, Türkiye, 233 s.
11. Muftugil N. 1986. Effect of different types of blanching on the color and the ascorbic acid and chlorophyll contents of green beans. *J Food Process Preservation* 10: 69-76.
12. Benlloch-Tinoco M, Igual D, Mart nez-Navarrete N. 2013. Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innovative Food Sci Emerg Technol* 19: 166-172.
13. Rayman, A., Baysal, T. 2011. Yield and quality effects of electroporation and microwave applications on carrot juice production and storage. *J Food Sci* 76 (4): 598-605.
14. Palma-Orozco G, Sampedro JG, Ortiz-Moreno A, Nájera H. 2012. In situ inactivation of polyphenol oxidase in mamey fruit (*Pouteria sapota*) by microwave treatment. *J Food Sci* 77 (4): 359-365.
15. Baysal T, İçier F, Baysal HA. 2011. Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri, Sidas Medya Yayınları, İzmir, Türkiye.

16. Baysal T, İçier F, Ilıcalı C, 2003. Gıda sanayinde güncel elektriksel yöntemler. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi 2-4 Ekim Ankara, Türkiye.
17. İçier F, Yıldız H. 2005. Elektriksel Yöntemlerin Gıdaların Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Gıda* 30 (4): 255-260.
18. Yadav DN, Patki PE, Srihari SP, Sharma GK, Bawa AS. 2010. Studies on polyphenol oxidase activity of heat stabilized whole wheat flour and its chapatti making wuality. *Int J Food Prop*, 13: 142-152.
19. Sharma P, Gujral HS, 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Res Int* 44: 235-240.
20. Zheng H, Lu H. 2011. Effect of microwave pretreatment on the kinetics of ascorbic acid degradation ve peroxidase inactivation in different parts of green asparagus (*Asparagus officinalis L.*) during water blanching. *Food Chem* 128: 1087-1093.
21. Fakhouri MO. 1992. Microwave blanching and reheating of foods. McGill University Department of Food Science and Agricultural Chemistry MSc. Thesis Montreal, Canada 88 p.
22. Brewer MS, Begum S. 2003. Effects of microwave power level ve time on ascorbic acid content, peroxidase activity ve color of selected vegetables. *Food Sci Hum Nutr* 27 (6): 411-426.
23. Patricia MP, Bibiana DY, José PM. 2011. Evaluation of microwave technology in blanching of broccoli (*Brassica oleracea L. var Botrytis*) as a substitute for conventional blanching. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), *Procedia Food Sci* 1: 426-432.
24. Ruiz-Ojeda LM, Pe as FJ. 2013. Comparison study of conventional hot-water and microwave blanching on quality of green beans. *Innovative Food Sci Emerg Technol* 20: 191-197.
25. Vora H, Kyle WSA, Small DM. 1999. Activity, localisation and thermal inactivation of deteriorative enzymes in Australian carrot (*Daucus carota L*) varieties. *J Sci Food Agric* 79: 1129-1135.
26. Başkaya-Sezer D. 2014. Havuç dilimlerinde mikrodalga haşlama koşullarının optimizasyonu. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi Tokat, Türkiye, 89 s.
27. Ozan, S., 2009. Bazı Sebzelerin Dondurularak Muhafazasından Önce Uygulanan Haşlama İşleminin Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye 44 s.
28. Greve LC, McArdle RN, Gohlke J, Labavitch, JM. 1994. The impact of heating on carrot firmness: Changes in cell wall components. *J Agric Food Chem* 42: 2900-2906.
29. Stolle-Smits T, Beekhuizen JG, Recourt K., Voragen AGJ, Van Dijk C. 1997. Changes in pectic and hemicellulosic polymers of green beans (*Phaseolus vulgaris L.*) during industrial processing. *J Agric Food Chem* 45: 4790-4799.
30. Bellur E. 2008. Pektin metilesterazın siyah havuçtan izole edilmesi, saflaştırılması ve bazı biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi Adana, Türkiye, 43 s.
31. Lemmens L, Tibäck E, Svelander C, Smout C, Ahrné L, Langton M. 2009. Thermal pretreatments of carrot pieces using different heating techniques: Effect on quality related aspects. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 10: 522-529.
32. Lin N, Lin D, Barrett DM. 2005. Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables. *J Food Eng* 70: 546-556.
33. Ponne C, Baysal T, Yüksel D. 1994. Blanching leafy vegetables with electromagnetic energy. *J Food Sci* 59(5): 1037-1041.
34. Latorre ME, Bonelli P, Rojas AM, Gerschenson LN. 2012. Microwave inactivation of red beet (*Beta vulgaris L. var. conditiva*) peroxidase ve polyphenoloxidase ve the effect of radiation on vegetable tissue quality. *J Food Eng* 109: 676-684.
35. Latorre ME, Plá MF, Rojas AM, Gerschenson LN. 2013. Blanching of red beet root. Effect of hot water or microwave radiation on cell wall characteristics. *Food Sci Technol* 50: 193-203.
36. Vadivambal R, Jayas DS. 2010. Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials A review. *Food Bioprocess Technol* 3(2): 161-171.



37. Kratchanova M, Pavlova E, Panchev I. 2004. The effects of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue ve quality of extracted pectin. *Carbohydr Polym* 56: 181-185.
38. Dwivedy S, Rayaguru K. 2012. Response surface optimization of hot air –microwave combination drying medical Indian Borage (*Coleus aromaticus*) leaves. *J Med Aromat Plant* 2(4): 648-660.
39. Begum S, Brewer M. 2001. Chemical, nutritive ve sensory characteristics of tomatoes before ve after conventional ve microwave blanching veduring frozen storage. *J Food Qual* 24(1): 1-15.
40. Begum S., Brewer M. 2001. Physical, chemical and sensory quality of microwave-blanched snow peas. *J Food Qual* 24: 479-493.
41. Tijssens LMM, Schijvens EPHM, Biekman ESA. 2001. Modelling the change in color of broccoli ve green peas during blanching. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 2: 303-313.
42. Bahçeci KS, Serpen A, Gökmen V, Acar J. 2005. Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: Change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. *J Food Eng* 66: 187-192.
43. Demir D. 2010. Kurutma işlemleri ve öncesinde uygulanan farklı haşlama tekniklerinin siyah havucun antioksidan etkili bileşikleri üzerine etkisi, Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye 57 s.
44. Sharma GK, Semwal AD, Arya SS. 2000. Effect of processing treatments on the carotenoids composition of dehydrated carrot. *J Food Sci Technol* 37: 196-200.
45. Murador DC, Thimoteo da Cunha D, Vera de Rosso V. 2014. Effects of cooking techniques on vegetable pigments: A meta-analytic approach to carotenoid and anthocyanin levels. *Food Res Int*, In press.
46. Pellegrini N, Chiavaro E, Gardana C, Mazzeo T, Contino D, Gallo M. 2010. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen Brassica vegetables. *J Agric Food Chem* 58 (7): 4310-4321.
47. El-Din MHAS, Kader MMA, Makhoulf SK, Mohamed OSS. 2013. Effect of some cooking methods on natural antioxidants and their activities in some Brassica vegetables. *World Appl Sci J* 26 (6): 697-703.
48. Arikan MF, Ayhan Z, Soysal Y, Esturk O. 2012. Drying characteristics and quality parameters of microwave-dried grated carrots. *Food Bioprocess Technol* 5 (8): 3217-3229.
49. Trirattanapikul W, Phoungchandang S. 2012. Microwave blanching and drying characteristics of Centella asiatica (L.) urban leaves using tray and heat pump-assisted dehumidified drying. *J Food Sci Technol* doi:10.1007/s13197-012-0876-8.
50. Rai D, Agrawal R, Kumar R, Kumar Rai A, Kumar Rai G. 2014. Effect of processing on magnesium content of green leafy vegetables. *J Appl Spectrosc* 80 (6): 878-883.
51. Adedeji AA, Gachovska TK, Ngadi MO, Raghavan GSV. 2008. Effect of pretreatments on drying characteristics of okra, *Drying Technol Int J* 26 (10): 1251-1256.
52. Askari GR, Emam-Djomeh Z, Mousavi SM. 2008. Investigation of the Effects of Microwave Treatment on the Optical Properties of Apple Slices During Drying. *Drying Technol Int J* 26 (11): 1362-1368.
53. Dorantes-Alvarez L, Flores EJ, Gonzalez K, Martinez R, Parada L. 2011. Blanching peppers using microwaves, 11th International Congress on Engineering and Food, *Procedia Food Sci* 1: 178-183.
54. Carranza-Concha J, Camacho MD, Mart nez-Navarrete N. 2012. Effects of blanching on grapes (*Vitis vinifera*) and changes during storage in syrup. *J Food Process Preservation* 36: 11-20.
55. Guzmán-Ger nimo R, Lopez GM, Dorantes-Alvarez L. 2008. Microwave processing of avocado: Volatile flavor profiling ve olfactometry, *Inno Food Sci Emerging Technol* 9: 501–506.
56. Gupta S, Jaiswal AK, Abu-Ghannam N. 2011. Statistical optimization of blanching time and temperature of Irish York Cabbage using desirability function, *J Food Process Preservation* 1745-4549. doi:10.1111/j.1745-4549.2011.00574.x.



*\*Sektörde 23 yıllık tecrübe*

CND DANIŞMANLIK olarak sektörel bazda ayrıntılı referanslarımızı <http://www.cnd.com.tr/> web sayfamızdan görebilirsiniz.

CND DANIŞMANLIK, Türk Müşavir Mühendis ve Mimarlar Birliği'ne (TMMMB) üye kuruluştur.

Siz değerli müşterilerimizin Ankara'daki çözüm ortağı olarak yıllardır faaliyetlerini sürdüren CND DANIŞMANLIK, yine aynı hassasiyetle, **"Memnun müşteri en iyi referanstır."** ilkesinden yola çıkarak çalışmalarına devam etmektedir.

CND DANIŞMANLIK olarak, yatırımların projelendirilmesi ve yapılabilirlik etütlerinin hazırlanması konularında 23 yıl önce başladığımız yolculukta, günümüzde yerli ve yabancı sermayeli kuruluşların faaliyet gösterdikleri "Tarım, gıda, turizm, eğitim, sağlık, makine, enerji, tekstil ve müteahhitlik hizmetleri vb. " çeşitli sektörlerde yüzlerce kuruluşa yatırım danışmanlığı, yasal mevzuat danışmanlığı, kalite yönetim sistemleri danışmanlığı, marka ve patent danışmanlığı ile firmaların idari mevzuatlara uyumları ile ilgili her türlü belgelendirmeleri yanında Kişisel Gelişim Eğitimleri, Kalite Yönetim Sistemleri Eğitimleri (ISO 9001:2008, ISO14001:2004, ISO 22000:2005 ve OHSAS 18001:2007 Standartları ile Lejyonella vb), Gıda Güvenliği ve Hijyeni Eğitimleri vb. konularda eğitim hizmetleri de vermekteyiz.

## DANIŞMANLIK ve EĞİTİM Hizmetlerimiz

1. Fizibilite Etütleri Hazırlanması
  2. Yatırım Teşvik Belgesi Alınması
  3. Dahilde İşleme İzin belgesi Alınması
  4. Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletme Belgeleri Alınması
  5. Yabancı Personel İzinleri Alınması
  6. Özel İthal İzinleri Alınması
  7. İhracat Sertifikaları Alınması
  8. AB Hibe Projeleri Hazırlanması
  9. Tarım Bakanlığı IPARD ve TEDGEM Hibe Projeleri Hazırlanması
  10. Marka ve Patent Tescilleri
  11. Endüstriyel Tasarım Tescilleri
  12. Kapasite Raporu Alınması
  13. Barkod Numarası Alınması
  14. Sanayi Sicil Belgesi Alınması
  15. GSM Ruhsatı, Çalışma İzni Alınması
  16. Tarım ve Hayvancılık İşletmeleri Ruhsatları Alınması
  17. Gıda Sicili Alınması
  18. Kayıt ve Onay İzni Alınması
  19. Kontrol Belgesi Alınması
  20. EPDK' dan Uygunluk Belgesi Alınması (solvent, bazyaj vb.)
  21. Gözetim Belgesi Alınması
  22. ÇED Gerekli Değildir/Muafiyet Belgesi Alınması
  23. Yabancı Firmaların İrtibat Bürosu İzinleri
  24. İŞGÜM'den ithal izinleri, Kontrol ve Uygunluk Belgesi Alınması
  25. TSE/TSEK Belgelerinin Alınması
  26. Satış Sonrası ve Garanti Belgeleri Alınması
  27. Ulaştırma Bakanlığı SRC, B3, C2 ve K Belgeleri Alınması
  28. Yüksek Öğrenim Kurumu'ndan Denklik Belgesi Alınması
  29. Entegre Kalite Sistemleri kurulumları (ISO 9001, ISO 22000 (HACCP), ISO 14001 Çevre ve OHSAS 18001 İş ve İşçi Sağlığı Standartları Kurulumları)
  30. Kalite, Çevre, Gıda Güvenliği ve Gıda Hijyeni Eğitimleri
  31. İş Güvenliği Eğitimleri
  32. Atom Enerjisi Kurumundan ithal izni ve lisans Alınması
- Ve daha fazlası...

## CND MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK LTD.ŞTİ.

Adres: Büyükelçi Sokak No: 18/1 06700 Kavaklıdere-Çankaya ANKARA Telefon: 0 312 468 87 02 - 468 86 77  
Fax: 0 312-468 86 58 Web : [www.cnd.com.tr](http://www.cnd.com.tr) E-mail : [cnd@cnd.com.tr](mailto:cnd@cnd.com.tr)

## YOĞURT DONDURMASI (FROZEN YOĞURT)

Ufuk Tansel Şireli\*, Ceylan Elif Orhan

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı-Ankara

Geliş tarihi / Received: 02.09.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 03.11.2014

Kabul tarihi / Accepted: 09.12.2014

### Özet

Yoğurt dondurması ilk olarak 1960'lı yıllarda Kuzey Amerika'da geliştirilmiş ve ticari gelişimini 1980'li yıllarda New England'da kazanmış bir süt ürünüdür. Bu amaçla üretilen yoğurt dondurması; yoğurt kültürü olan *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un dondurma teknolojisi ile bütünleştirildiği ve dondurmanın yapısal özellikleri ile yoğurdun asidik tadının birleştirildiği, tüketenlerde serinletici bir etki uyandıran özel bir gıdadır. Yoğurt dondurması üretiminin olduğu ülkelerin çoğunda ürün standartlarının bulunmaması ve ayrıca kimyasal kompozisyonunun üretim teknolojilerine göre çeşitlilik göstermesi, yoğurt dondurması üretiminde ve lezzetinde farklılıklar gösterebilmektedir. Genel olarak yoğurt dondurması üretim prosesi, pıhtısı kırılmış doğal yoğurt ile soğuk meyve şurubu karışımı, stabilizör/ emülgatör ve şekerin karıştırılması ve sonrasında dondurulması esaslarına dayanır. Uygun koşullarda üretilen yoğurt dondurmaları -18/ -35 °C'ler arasında soğuk hava depolarında 12 ay süre ile de saklanabilmektedir. Bu derlemede ülkemiz için yeni bir tat olan yoğurt dondurmasının tanımı, tarihçesi, tüketimi, bileşimi, üretim teknolojisi, depolama koşulları ve beslenmedeki önemi hakkında bilgiler verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yoğurt dondurması, yoğurt, dondurma

## FROZEN YOGURT

### Abstract

Frozen yogurt was produced for the first time in North America in the 1960s and it had gained its commercial development in New England in the 1980s. Frozen yogurt is a special product which is prepared by integrating yogurt culture which are *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* with ice cream technology. It is a refreshing dessert has the ice cream texture and the acidic taste of yogurt. There are many different production methods due to lack of legal standards and legislations in many countries. The chemical composition and the taste of frozen yogurt varies according to this production methods. The production process based on mixing and then freezing the natural stirred yogurt, cold fruit syrup mix, stabilizer/emulsifier and sugar. Frozen yogurts which are produced under the proper conditions can be store between -18/ -35 °C for 12 months. In this review some information about the consumption, composition, production techniques, storage conditions of frozen yogurt which is a new taste for our country and the importance for nutrition are discussed.

**Keywords:** Frozen yogurt, yog-ice crem, ice cream, yogurt

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ tsireli@veterinary.ankara.edu.tr,

☎ (+90) 312 317 03 15, 📠

(+90) 312 317 00 10

## GİRİŞ

Yoğurt dondurmasının tarihi binlerce yıl öncesinde Asya'da ilk dondurmanın üretilmesine dayanır. Roma literatüründe imparator Nero'nun egzotik meyveleri ve şarapları karla dondurarak tükettiğini bildirmesine rağmen, 13. Yüzyılda Marco Polo Asya'nın dondurmasını İtalya'ya getirene kadar Avrupa'nın dondurmayı tanımadığı da bilinmektedir.

Ticari yoğurt dondurması 1960'lı yıllarda Kuzey Amerika'da geliştirilmiş ve 1980'li yıllarda H. P. Hood tarafından "Forgurt" adıyla New England'da piyasaya sürülmüştür. Gıda endüstrisinde yenilikçi olarak anılan Jarry Lovely Humpheerz 1998 yılında "Yogart" adını taşıyan ilk paketlenmiş yoğurt dondurmasını geliştirmiştir. Aynı yıllarda Danone firması da paketlenmiş yoğurt dondurması üretimine başlamıştır. Bu ürünler ilk olarak, çubukta üzeri siyah çikolata kaplı ahududulu yoğurt şeklinde, dondurmaya daha sağlıklı bir alternatif olarak ve ayrıca yoğurt tüketimi az olan ülkelerde yoğurt tüketimini arttırma amacıyla piyasaya sürülmüştür. (1-3).

Tarihsel gelişimi bu şekilde olan yoğurt dondurması son yıllarda dondurulmuş süt ürünleri piyasasında en hızlı yükselen ürünlerden biri olmuştur (4-6). Bu bağlamda, ülkeler bazında değerlendirildiğinde yoğurt dondurması tüketiminin her geçen gün arttığı ve bu oranda da süt ve süt ürünleri arasında üretim payını arttırarak, tarımsal ürünler arasındaki gelir oranını yükselttiği gözlenmektedir (7-9). En fazla yoğurt dondurması üreten ülkelerden biri olan Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 2013 yılında yoğurt dondurması üretimi bir önceki yıla oranla %8 oranında artarak, 80.35 milyon galona ulaşmış ve yoğurt dondurması üretiminden kaynaklanan toplam yıllık gelir yaklaşık 195 milyon dolara ulaşmıştır (10-12).

Ayrıca yoğurt dondurması beslenme açısından da orijininin süt olması ile önemli bir besin maddesidir. Yine sağlık açısından doğal florasında dominant olarak bulunan laktik asit bakterileri sindirim sistemine faydalı ekiler oluşturmaktadır (13). Yoğurt dondurması içerdiği laktik asit bakterileri sayesinde, bağırsakta laktoz metabolizmasını düzene sokmaktadır. Yoğurtta bulunan  $\beta$ -galaktosidaz enzimi midede sindirime uğramadan duodenuma geçmekte,  $\beta$ -galaktosidaz enziminin ince bağırsakta varlığı laktoz sindirimine ve emilimine yardımcı olmaktadır. Böylece yüksek oranlarda canlı

yoğurt kültürü içeren yoğurt dondurmaları laktoz intoleransı olan insanlar tarafından da rahatlıkla tüketilebilmektedir (14). Yine yoğurt dondurması patojen mikroorganizmaların gelişmesinin kontrolünde oldukça etkilidir. Ayrıca konstipasyon, diyare ve dizanteri gibi bağırsak hastalıkları ve sorunlarının semptomatik tedavisinde de kullanılabilir. Bunlarla birlikte zaten yoğurdun antikarsinojenik, antimutajenik, serum kolesterolünü düşürücü, *Helicobacter pylori* enfeksiyonlarında ve ülseratif kolitlerde iyileştirici ve immun sistemi harekete geçirici etkileri bilinmektedir (15, 16). Fakat tüketiciler tarafından yoğurt dondurmasının tercih edilmesinin asıl nedeni düşük kalorili ve lezzetli bir tada sahip olmasındandır (17, 18).

Diğer yandan, peynir üretiminde açığa çıkan peyniraltı suyunun yoğurt dondurması üretiminde kullanılabilmesi de önemli bir noktadır. Peyniraltı suyu kullanımı, yoğurt dondurmasının protein içeriğini arttırdığı gibi peyniraltı sularının ekonomik bir şekilde değerlendirilmesinde de katkı sağlamaktadır (1).

## Yoğurt Dondurmasının Tanımı ve Bileşimi

Yoğurt dondurması; genel olarak sütün, aroma maddeleri, stabilizörler, emülgatörler ve yoğurt kültürünün (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) karıştırılması ve dondurma teknolojisine göre üretilmesi ile elde edilen bir süt ürünüdür (19).

Diğer bir tanımlama ile yoğurt dondurması; dondurma teknolojisinde kullanılan maddelerin yoğurt kültürü olarak bilinen *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* ile bütünleştirilmesi ve elde edilen özel ürünün dondurularak tüketime sunulmasıdır. (20, 21).

Sanabria (2012) ise bu ürünü; dondurmanın yapısal özelliklerinin yoğurdun asidik tadıyla birleştirildiği özel bir süt ürünü olarak tanımlamıştır. Bu bağlamda yoğurt dondurması, dondurma ve yoğurdun özelliklerini bir arada taşımakta olup, fiziksel yapısı ve serinletici etkisi ile dondurmaya, sahip olduğu keskin ve asidik aroması ile de yoğurda benzerdir (1, 22). Aynı zamanda dondurmaya göre daha az yağ içerdiği için diyet yapanların, yoğurda göre de daha fazla şeker içermesi nedeniyle yoğurt tüketme alışkanlığı olmayan kişilerin tercih ettiği bir üründür (2).

Bu ürünün bileşimi farklı ülkelerdeki üretim

teknolojileri, tüketici istekleri ve damak tadına, kullanılan sütün çeşidi ve bileşimi ile katkı maddelerine göre değişebilmektedir (23). Örneğin kullanılan sütün yağ oranı dikkate alındığında; yağlı yoğurt dondurması %3.25-6.0; az yağlı yoğurt dondurması %0.5-2.0 ve yağsız yoğurt dondurması ise %0.5'ten daha az yağ içeren yoğurtlar olarak nitelendirilmektedir (Çizelge 1). Karışımdaki yağ içeriği yoğurt dondurmasının kalitesini etkilemekte ve özellikle yağ oranındaki değişimler ile dondurmanın duyuusal ve fiziksel niteliklerinde olumlu etkiler sağlanabilmektedir (24). Yoğurt ve meyve karışımının kimyasal kompozisyonu ve depolama sıcaklığı da yoğurt dondurmasının fiziksel karakterini etkileyebilen diğer faktörlerdir (25).

Çizelge 1. Ticari yoğurt dondurması tiplerinin bileşimleri (%) (2).

Bileşim	Yoğurt Dondurması Tipleri		
	Yağlı	Az yağlı	Yağsız
Süt yağı	3.25 – 6.0	0.5 – 2.0	< 0.5
Yağsız süt kurumaddesi	8.25 – 13.0	8.25 – 13.0	8.25 – 14.0
Şeker	15.0 – 17.0	15.0 – 17.0	15.0 – 17.0
Stabilizör/Emülgatör	0.50	0.60	0.60
Yaklaşık toplam kurumadde	30.0 – 33.0	29.0 – 32.0	28.0 – 31.0

Diğer taraftan fiziksel niteliklerden biri olan tekstürel (kıvam) özelliğine göre yoğurt dondurması; yumuşak, sert ve mus (köpüğümsü) kıvamında üretilebilmektedir. Çizelge 2'de yoğurt dondurması karışımları için örnek bir kimyasal kompozisyon verilmiştir (1).

Çizelge 2. Yoğurt dondurmasının kimyasal kompozisyonu (g/ 100 g') (1).

Bileşim	Yoğurt Dondurması		
	Yumuşak	Sert	Mus (Köpüğümsü)
Yağ	2 – 6	2 – 6	3
Yağsız süt kurumaddesi	5 – 10	5 – 14	12
Şeker	8 – 20	8 – 16	8
Stabilizör/Emilgatör	0.2 – 1.0	0.2 – 1.0	2.4
% Hacim artışı	50 – 60	70 – 80	90

### Yoğurt Dondurması Teknolojisi

Yoğurt dondurması üretim prosesi temel olarak doğal, soğuk ve pıhtısı kırılmış (stirred) yoğurt ile soğuk meyve şurubu karışımı, stabilizör/emülgatörlerin ve şekerin (mus yoğurt için meyve şurubu karışımı, stabilizör/ emülgatör ve şeker sıcak halde karıştırılır) karıştırılması ve sonra karışımın klasik dondurucuda dondurulması esaslarına dayanır (26).

Lyck ve ark. (2006) ise yoğurt dondurması üretiminde farklı üretim teknikleri bulunduğunu belirtmekte olup; fermente edilmemiş süttten; sanayi yoğurdunun düşük ya da yüksek oranlarda dondurma miksi ile karıştırılmasından; dondurma karışımının ya da yoğurt kültürü veya probiyotik starter kültürlerin ilave edildiği sütün doğrudan fermantasyonu ile veya dondurma karışımı ile süte yoğurt kültürü (probiyotik) ilavesi yapıldıktan sonra fermente etmeden üretilebildiğini bildirmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen yöntemlerle yapılan yoğurt dondurmasında hacim artışının % 89-90 olması için yoğurt ya da şeker ilave edilmiş yoğurt içeren dondurma karışımı 50:50 oranında kullanılmalıdır (1). Sütteki yağsız kurumadde miktarı, 50:50

oranlarında, soya ve yağsız, süt veya yayıkaltı suyu ile hazırlanan karışım ya da yoğunlaştırılmış peyniraltı suyu (özellikle cottage üretiminden elde edilen) ilavesi ile ayarlanabilmektedir (28).

Yoğurt dondurması yapımında süt dışında starter kültürler, stabilizörler, emülgatörler, süt yağı, yağsız süt tozu, aroma bileşikleri vb. maddeler kullanılmaktadır (29).

Yoğurt dondurması üretiminde standart bir üretim olmadığı için starter kültür kullanımında da standart geliştirilmemiştir. Bu bağlamda geleneksel üretimde kullanılan, klasik yoğurt kültürleri olan *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* sıklıkla kullanılmaktadır (30). Ayrıca bazı

ülkelerde, probiyotik özelliğe sahip *Bifidobacterium bifidum* ve *Lactobacillus acidophilus* türleri de yoğurt dondurması üretiminde starter kültür olarak tercih edilebilmektedir (31, 32). Starter kültür kullanımında standart limitlerin olmamasına rağmen geleneksel üretimlerde % 1-5'e kadar değişen oranlarda kültür ilavesi yapılmaktadır (33-35).

Stabilizörler yoğurt dondurması karışımındaki serbest suyu bağlayarak jel yapısını korurlar. (36). Yoğurt dondurması üretiminde kullanılan stabilizörlere karboksimetil selüloz, metil selüloz, keçiyoynuzu gamı, alginat ve karragenan örnek olarak verilebilir (37). Stabilizörler yoğurt dondurması üretiminde % 0.5-1 oranlarında kullanılabilirler (1). Emülgatörler yoğurt dondurması üretiminde su ve yağ arasındaki yüzey gerilimini azaltarak, emülsiyon halinde bir yapı oluşturur (38, 39). Bu sayede yoğurt dondurması üretiminde su ve yağ arasındaki yüzey gerilimini azaltılarak, dondurmada yağ ve havanın daha iyi bir şekilde dağılması gerçekleşecek ve dondurma karışımının yapısal bütünlüğü sağlanmış olacaktır. Bu sayede dondurma üretimi sırasında bazı yapısal kusurların ortaya çıkması da önlenmiş olacaktır. Ayrıca emülgatör yağ-protein interaksiyonunu geliştirerek erimeye karşı direncin artmasına da katkı sağlamaktadır. Endüstriyel üretimlerde dondurma yapımında emülgatör amaçlı olarak birçok madde kullanılmakla birlikte en çok kullanılanlar lesitin ve yağ asitlerinin mono ve digliseridleridir. Ev veya küçük boyutlu üretimlerde yumurta sarısı da bu amaç için sıklıkla kullanılabilir. Yoğurt dondurması üretiminde kullanılan süt yağı kaynakları; süt, krema, kaymak, tereyağı ve yağlı süt tozudur. Yağın standardizasyonunun daha kolay sağlanması amacıyla üretimde en çok tercih edilen süt yağı kremadır (40, 41).

Protein oranını arttırmak amacıyla kullanılan ilave maddeler; süt veya yağsız süt, koyulaştırılmış süt, yağsız süt tozu, peyniraltı suyu (sıvı, konsantre,toz), yayıkaltı suyu (sıvı, konsantre, toz), sodyum kazeinat, serum proteini izolatları, laktozu alınmış süt ürünleri kullanılabilir (42, 43). Üretimde kullanılan en önemli şeker kaynakları; sakkaroz, glikoz, nişasta şurubu, invert şeker (glikoz + fruktoz), sakkarin, sorbitol, mısır tatlandırıcıları, malt ürünleri (malt şurubu, maltoz şekeri, kurutulmuş maltoz şurubu, malt ekstraktı), akçağaç şurubu, kahverengi şeker, karamel ve bal gibi tatlandırıcılardır (43, 44).

Yoğurt dondurması üretiminde karşılaşılabilecek üretim hataları yoğurt ve dondurma üretimi sırasında karşılaşılabilecek sorunlar ile benzerlik göstermektedir. Karşılaşılabilecek sorunlar görünüş, tat ve aroma, yapı ve tekstür ile erime kusurları olarak karşımıza çıkmaktadır (42).

Yoğurt dondurması üretiminde kullanılan süt tozu, peyniraltı suyu tozu, kazeinat tozu veya serum proteini tozu gibi süt kökenli tozların yeterince çözündürülememesi durumunda kabın alt kısmında tortulanmalar oluşması gibi görünüş kusurları meydana gelmektedir (43).

Üretimde karşılaşılan bir diğer görünüş kusuru ise kumlu yapı ya da granül oluşumudur. Bu yapının oluşumuna yüksek inkübasyon sıcaklığı, düşük ya da çok yüksek starter kültür aktivitesi, fermantasyon sırasında çalkalanma ve süt bileşenlerindeki mevsimsel dalgalanmalar neden olmaktadır. Yoğurt dondurması üretiminde yapı ve tat kusurları genellikle ürün içindeki kimyasal (protein, fosfor) ve biyolojik (starter kültür) reaksiyonlara bağlı olarak şekillenmektedir (45).

Yoğurt üretimi sırasında süte uygulanan ısı işlemlerin çok yüksek sıcaklıklarda yapılması elde edilen yoğurdun renginin değişmesine neden olmaktadır. Yetersiz ısı işleme tabi tutulmuş sütlerde mikroorganizmaların spor formları inaktive edilemeyeceği için bu mikroorganizmalar üreyerek yoğurdun yapışkan bir kıvamda olmasına neden olabilmektedirler (46).

Üretim sırasında hijyen kurallarına uyulmaması birçok hataya neden olabileceği gibi yoğurt dondurmasında renk kusurlarına neden olabilmektedir. Bu şekilde üretilen yoğurt dondurmasında donuk, mat ve grimsi bir renk meydana gelmektedir (42).

Yoğurtta olduğu gibi yoğurt dondurmasında da en sık karşılaşılabilecek tat ve aroma kusuru yoğurda özgü karakteristik aromanın oluşmamasıdır. Özellikle üretim sırasında starter kültürlerin gelişme ve metabolik aktivitelerini; inkübasyon sıcaklığı ve süresi, inokülasyon dozu, fermantasyon sonrası soğutma işlemi, çiğ sütte inhibitör madde varlığı ve bakteriyofaj aktivitesi etkileyebilmektedir. Örneğin, *L. delbruecki* subsp. *bulgaricus*'un metabolik aktivitesi engellenirse yoğurtta aroma zayıflığı, *S. thermophilus*'un metabolik aktivitesi engellenirse de yoğurtta asitlik gelişiminin azalacağı bilinmektedir (43; 47). Yoğurt dondurmasında meydana gelen ekşi tat, enzimatik bir nedene

bağlı olabildiği gibi inkübasyon süresinin uzun tutulmasından veya soğutmanın yavaş yapılmasından dolayı da şekillenebilmektedir (41, 48). Yoğurt dondurması üretiminde süte uygulanan ısıl işlemin normalden yüksek olması, serum proteinlerine bağlı sülfidril gruplarının açığa çıkmasına ve dolayısıyla pişmiş tadın oluşumuna neden olmaktadır (45). Ayrıca süt yağının oksidasyonuna bağlı olarak oksidatif, hatalı stabilizör kullanımlarına bağlı olarak da istenmeyen tat oluşumu, çok fazla tatlandırıcı kullanımından dolayı aşırı, yetersiz tatlandırıcı kullanımından dolayı ise zayıf tat gelişimi, fazla yumurta kullanımına bağlı olarak da yumurta tadı hissedilmesi yoğurt dondurması teknolojisinde karşılaşılabilecek diğer tat ve aroma kusurları arasında yer almaktadır (43, 46).

Yoğurt dondurması üretiminde en çok karşılaşılan yapı ve tekstür kusuru yoğurdun gevşek yapılı olmasıdır. Bu kusurun en önemli nedeni ise kurumadde artırımının yetersiz olması ya da hiç yapılmamasıdır. Kurumadde oranını arttırmak için kullanılan süt tozu, peyniraltı suyu tozu gibi maddelerin yüksek konsantrasyonlarda kullanılması ise yoğurdun aşırı katı bir kıvamda oluşmasına neden olmakta ve böylece serum ayrılması hızlandırılmaktadır (41).

Yoğurt dondurmasının buzlu yapıda olmasına az miktarda yağ, şeker ve stabilizör kullanımı, stabilizör seçimi, kısa olgunlaşma süresi, yavaş dondurma ve yanlış homojenizasyon uygulamaları yol açarken, yumuşak ve yapışkan bir yapıda olmasına da aşırı miktarlarda stabilizör, yağsız kurumadde ve emülgatör kullanımı neden

olmaktadır. Fazla hacim artışı karlı bir yapı oluştururken, yetersiz hacim artışı ise ıslak ve ağır bir yapı oluşumuyla sonuçlanmaktadır (42).

Üretim tekniklerine uygun olarak üretilen bir yoğurt dondurması, dondurma gibi normal şartlarda oda sıcaklığında en az 10-15 dakika erimeden kalabilmektedir (46). Yoğurt dondurmasında karşılaşılabilecek erime kusurları Çizelge 3'te gösterilmektedir. Uygun koşullarda üretilen ve sertleştirilen yoğurt dondurmaları -18/-35 °C'ler arasında soğuk hava depolarında 12 ay süre ile saklanabilmektedir (49).

### Yasal Düzenlemeler

Birçok ülkede yoğurt dondurması üretim standartlarını belirleyen herhangi bir yasal düzenleme olmamasına rağmen bazı ülkelerde yoğurt dondurmasının içermesi gereken mikrobiyolojik kriterler ve sahip olması gereken kimyasal özellikler yasal mevzuatlarda yer almaktadır. Örneğin Oregon'da *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un yoğurt dondurmasında mutlaka olması gerektiği bildirilirken, miktarları belirtilmemiştir (50).

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Yoğurt dondurmasının, yoğurdun besleyici özelliklerine sahip olduğu ve dondurmaya göre daha az kalorili olduğu için dondurmaya alternatif olarak sıkça tüketilmektedir. Besleyici özellikleri, sağlık üzerine olumlu etkileri ve lezzetli tadı göz önüne alındığı zaman yoğurt dondurmasının, dondurma gibi tüketilmesi tavsiye edilebilmektedir.

Çizelge 3. Yoğurt dondurması teknolojisinde görülen erime kusurları (43).

Kusurlar	Oluşma Nedeni
Eriyememe, geç erime kusuru	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aşırı stabilizör, emülgatör kullanımı</li> <li>✓ Hacim artışının fazla olması,</li> <li>✓ Uzun süreli depolama</li> <li>✓ Dayanıklı jel oluşumuna yol açan işlemlerin uygulanması</li> </ul>
Köpüğümsü erime	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Yumurta sarısının fazla kullanılması</li> <li>✓ Yoğurt dondurması karışımına fazla hava verilmesi</li> </ul>
Pıhtılı erime	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Asitlik</li> <li>✓ Tuz dengesi</li> <li>✓ Isıl işlem yöntemi ve sıcaklığı</li> <li>✓ Homojenizasyon basıncı ve sıcaklığı</li> <li>✓ Dondurulma ve sertleştirme hızı</li> <li>✓ depolama süresi</li> <li>✓ Stabilizör-emülgatör çeşidi ve miktarı</li> </ul>
Zayıf erime direnci	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kurumadde içeriğinin düşük olması</li> </ul>

Yapılan çalışmalar yoğurt dondurması üretim teknolojilerinin ülkelere göre değişiklik gösterdiğini ve bu nedenle yoğurt dondurmasının belirli standartlarının olmadığını ortaya koymaktadır. Birçok ülkede yoğurt dondurması üretim teknolojisi için yasal standartların olmaması da dikkat çekicidir. Bu nedenle yoğurt dondurması standartlarının belirlenebilmesi için ilgili çalışmaların artırılması gerekmektedir.

Ülkemizde yoğurt dondurması satışı dünyada da popüler markalar haline gelmiş Pinkberry, Yogalat, Yogenfrüz, Cigusta ve Froyo gibi birçok marka adı altında yapılmaktadır. İnsanların yoğurt dondurmasına olan ilgisi ve günden güne artan sağlık problemleri üzerindeki olumlu etkileri düşünülürse ülkemizde bu alanla ilgili daha çok çalışma yapılması ve ürünün tüketimini arttırmaya yönelik uygulamaların yapılması gerektiği sonucuna varılabilmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Tamime AY, Robinson RK. 1999. *Yoghurt Science and Technology*. 2nd ed. Woodhead Pub., Cambridge, UK., 392-399.
2. Coşkun H. 1998. Yoğurt dondurması. *Atatürk Üniv Zir Fak Der.* 29 (2), 354-358.
3. Anon. 2014. How frozen yogurt is made ? Erişim adresi: [http://www.madehow.com/Volume-2/Frozen-Yogurt.html] Erişim Tarihi: 03.01.2014.
4. Agarwal S, Prasad R. 2013. Effect of stabiliser on sensory characteristics and microbial analysis of low-fat frozen yogurt incorporated with carrot pulp. *Int J Agr Food Sci Tech* 4 (8) 797-806.
5. Anon 2014. United States Department of Agriculture Erişim adresi: [http://usda.mannlib.cornell.edu/] Erişim tarihi: 02.02.2014.
6. Davis CG, Yen ST, Dong D, Blayney DP. 2011. Assessing economic and demographic factors that influence United States dairy demand. *J Dairy Sci* 94 3715-3723
7. Anon 2013. Marketline industry profile, ice cream in Europe, Temmuz 2013
8. Anon 2013. Marketline industry profile, ice cream in Asia – Pacific.
9. Anon 2014. Frozen yogurt industry statistics Erişim adresi: [http://www.statisticbrain.com/frozen-yogurt-industry-statistics/] Erişim Tarihi: 30.1.2014.
10. Anon. 2014. Frozen yogurt industry statistics Erişim adresi: [http://www.statisticbrain.com/frozen-yogurt-industry-statistics/] Erişim Tarihi: 30.1.2014.
11. Anon 2012. Dairy products 2011 summary, NASS (National Agricultural Statistics Service), USDA. Erişim adresi: [http://www.nass.usda.gov/index.asp] Erişim Tarihi: 25.12.2013
12. Anon 2014. Frozen yogurt industry statistics Erişim adresi: [http://www.statisticbrain.com/frozen-yogurt-industry-statistics/] Erişim Tarihi: 30.1.2014.
13. Miao YZ, Lin Q, Cao Y, He GH, Qiao DR, Cao Y. 2011. Extraction of water-soluble polysaccharides (WSPS) from Chinese truffle and its application in frozen yogurt. *Carbohydrate Polymers* 86 566-573
14. Masson J. 2011. Probiotics and prebiotics. Erişim adresi: https://harmonsgrocery.zaneray.com/images/pdfs/ProbioticsPrebiotics.pdf Erişim Tarihi: 10.06.2014
15. Shah NP. 2007. Functional cultures and health benefits, *Int Dairy J.* 17 1262-1277.
16. Mahdian E, Tehrani MM, Nobahari M. 2012. Optimizing yoghurt-ice cream mix blend in soy based frozen yoghurt. *J Agr Sci Tech.* 14: 1275-1284
17. Alves AL, Richards NSPS, Becker LV, Andrade DF, Milani LI, Rezer APS, Scipioni GC. 2009. Sensorial acceptance and characterization of goat's milk frozen yogurt with addition of probiotic culture and prebiotic. *Ciencia Rural*, 39 2595-600.
18. Martins CM, Block LG, Dahl DW. 2009. A disregard for calories during sampling: Exploring the "samples don't count" effect. *Health* 6 218-222
19. Kosikowski F. 1977. *Cheese and Fermented Milk Foods*. By FV Kosikowski and Associates Brooktondale, New York, 1st Ed., 87-109.
20. Sanabria LAA. 2012. Development of a frozen yogurt fortified with a nano-emulsion containing purple rice bran oil. B.S., Zamorano University, Honduras.
21. Anon. 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği RG Tarihi: 16.02.2009 Sayı: 27143.
22. Işık U, Boyacıoğlu D, Çapanoğlu E, Nilüfer Erdil D. 2011. Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *J Dairy Sci.* 94 :1647-1656
23. Arbuckle WS, Marshall RT. 1986. Ice Cream. By Van No Strand Rein Hold Company, New York. Pp.711, 5th Ed.



24. Rezaei R, Khomeiri M, Aalami, M, Kashaninejad M. 2012. Effect of inulin on the physicochemical properties, flow behavior and probiotic survival of frozen yogurt. *J Food Sci Technol* ISSN: 0022-1155.
25. Tieszen KM, Baer RJ. 1989. Composition and microbiological quality of frozen yogurts. *Cultured Dairy Products Journal*, 24 (4) 11.
26. Ahmadi A, Milani E, Madadlou A, Mortazavi SA, Mokarram RR, Salarbashi D. 2014. Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated lactobacillus acidophilus (la-5) and fructooligosaccharide. *J Food Sci Technol* 51 (8) 1568-1574
27. Lyck S, Nilsson LE, Tamime AY. 2006. *In Fermented Milks*, Edited by Tamime, A.Y., Blackwell Publishing, Oxford,, 217-236.
28. Hancock J. 2014. Method of making frozen confections. United States Patent, Patent No: US 8679566 B1 Date of Patent: March, 25, 2014
29. Pannell LK, Merkwae LM. 2014. Bite sized refrigerated yogurt products. United States Patent, Patent No: US 20140234491 A1 Date of Patent: May, 1, 2014
30. Anon. 2014. Microbiological requirements for ice cream, ice milk, ice cream mix, and frozen yogurt Erişim adresi: [<http://www.legis.nd.gov/information/acdata/pdf/7-03.2-09.pdf?20140203034241>] Erişim Tarihi: 01.02.2014.
31. Soodbakhsh S, Gheisari HR, Aminlari M, Dehnavi T. 2012. Viability of encapsulated *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium lactis* in synbiotic frozen yogurt and their survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *Int J Probiotics Prebiotics* 7 (3/4) 121-128.
32. Pinto SS, Fritzler-Freire CB, Munoz IB, Berreto PLM, Prudencio ES, Ambani RDM. 2012. Effects of the addition of microencapsulated Bifidobacterium BB-12 on the properties of frozen yogurt. *J Food Eng* 111 563-569
33. Ho DT, Schaffer-Lequart C, Dose S, Tournade S. 2012. Fermented frozen dessert. United States Patent, Patent No: US 8,273,392 B2 Date of Patent: Sep. 25, 2012.
34. Anon 2013. About yoğurt, National yogurt association. Erişim adresi: [<http://www.aboutyogurt.com/>] Erişim Tarihi: 02.12.2013.
35. Grossi M, Pompei A, Lanzoni M, Lazzarini R, Matteuzzi D, Riccò B. 2009. Total bacterial count in soft-frozen dairy products by impedance biosensor system, *IEEE Sensors Journal* 9 (10) 1270-1276.
36. Amer AEA, Shalaby SA. 2012. Preparation and use of exopolysaccharides in the manufacture of probiotic frozen yogurt. *Egyptian J Dairy Sci.* 40 25-34
37. Lallemand MI, Gutierrez AMB, Le Borgne NF, Penet S, Puaud MM, Heng L, Lacout JM. 2013. Frozen confectionery product with a natural stabiliser. United States Patent, Patent No: US 20130129897 A1 Date of Patent: May, 24, 2013
38. Jones S, Jones C, Jones K, Lynn R. 2012. Particulate frozen yogurt-based product. United States Patent, Patent No: US 20120183667 A1 Date of Patent: July, 19, 2012
39. Anon 2013. Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği RG Tarihi : 30.6.2013 Sayı: 28693.
40. Sharma S, Wilkens LR, Shen L, Kolonel LN. 2013. Dietary sources of five nutrients in ethnic groups represented in the Multiethnic Cohort. *Brit J Nutr* 1479-1489
41. Chandan RC. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Ed: White CH, Kilara A, Hui YH. 2006, 1st Ed., Blackwell Pub., Oxford, UK.
42. Gürsoy A. 2013. Dondurma Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Erişim Tarihi: 26.11.2013 Erişim adresi: [[http://www.agri.ankara.edu.tr/sut/1334\\_\\_Dondurma.pdf](http://www.agri.ankara.edu.tr/sut/1334__Dondurma.pdf)]
43. Anon 2007. Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi, Gıda teknolojisi, Dondurma üretimi, (10-25).
44. Tayar M, Çıbık R. 2013. *Gıda Kimyası*, Katkı Maddeleri, 195-272., 3. Baskı, Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd.Şti., Bursa., 233-257.
45. Fuquay JW, Fox PF, Mcsweeney PLH. 2011. *Encyclopedia of Dairy Science*. Academic Press; 2nd Ed.
46. Marshall RT, Goff HD, Hartel RW. 2003. Ice Cream. 6th Ed. Kluwer Academic/Plenum Pub. New York., 346-375.
47. Hui YH. 2012. *Handbook of Animal-Based Fermented Food and Beverage Technology*. 2nd Ed., CRC Press Taylor & Francis Group.
48. Weinbrenner DR, Barefoot SF, Grinstead DA. 1997. Inhibition of yogurt starter cultures by jensenii G, Propionibacterium bacteriocin. *J Dairy Sci.* 80 (7) 1246-1253.
49. Grossi M, Lanzoni M, Lazzarini R, Riccò B. 2012. Automatic ice-cream characterization by impedance measurements for optimal machine setting. *Measurement* 45 1747-1754
50. Lopez MC, Medina LM, Jordano R. 1998. Survival of lactic acid bacteria in commercial frozen yogurt. *J Food Sci* 63 (4) 706-708.