

GIDA (Gıda Teknolojisi Derneği Yayını)
THE JOURNAL OF FOOD (Published by the Association of Food Technology; Turkey)
Cilt / Volume: 41 • Sayı / Number: 4 • 2016
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

Editörler Kurulu / Editorial Board

Baş Editör/ Editor-in Chief

Halkman, A. Kadir Ankara University, Turkey

Editörler / Co-Editors

Çakır, İbrahim Abant İzzet Baysal University, Turkey

Erinç, Hakan Niğde University, Turkey

Taban, Birce Ankara University, Turkey

Velioglu, Y. Sedat Ankara University, Turkey

Yönetim Yeri

Adres / Address

Büyükelçi Sokak No: 18/1 Kavaklıdere/ Ankara Turkey

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

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

URL: http://www.gidadernegi.org

Yayın Türü: Yaygın süreli ve hakemli

Basım Yeri / Printing House

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

Yayın Tarihi / Publication Date

15 08 2016

Danışma Kurulu / Advisory Board

Alichanidis, Efstathios Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Artık, Nevzat Ankara University, Turkey

Baysal, Taner Ege University, Turkey

Boyacı, İsmail Hakkı Hacettepe University, Turkey

Certel, Muharrem Akdeniz University, Turkey

Draughon, Ann Tennessee University, USA

Ekşi, Aziz Ankara University, Turkey

El Soda, Morsi University of Alexandria, Egypt

Fogliano, Vincenzo University of Napoli Federico II, Italy

Ghosh, Bikash C. National Dairy Research Institute, India

Gollop, Natan The Volcani Center, ARO, Israel

Gökmen, Vural Hacettepe University, Turkey

Griffiths, Mansel University of Guelph, Canada

Göğüş, Fahrettin Gaziantep University, Turkey

Gümüşkesen, Aytaç Saygın Ege University, Turkey

Güven, Mehmet Cukurova University, Turkey

Heperkan, Dilek Istanbul Technical University, Turkey

Ho, Chi-Tang The State University of New Jersey, USA

Kaya, Mükerrerem Atatürk University, Turkey

Kaymak-Ertekin, Figen Ege University, Turkey

Koçak, Celalettin Ankara University, Turkey

Köksel, Hamit Hacettepe University, Turkey

Morales, Francisco J. CSIC Instituto del Fr o, Spain

Mujtaba, Mustafa G. Florida Gulf Coast University, USA

Özilgen, Mustafa Yeditepe University, Turkey

Paalme, Toomas Tallinn University of Technology, Estonia

Parlar, Harun Technical University of Munich, Germany

Raspor, Peter University of Primorska, Slovenia

Rezessy-Szabo, Judit M. Corvinus University of Budapest, Hungary

Şahin, Serpil Middle East Technical University, Turkey

Şanlıbaba, Pınar Ankara University, Turkey

Üstünoğlu, Zeynep Michigan State University, USA

Yetişemiyen, Atilla Ankara University, Turkey

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

<i>Owaid MN, Abed IA, Al-Saeedi SSS; Properties of fruit bodies of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) cultivated on some local cellulosic residues in Iraq / Irak'ta istiridye mantarı (Pleurotus ostreatus) üretimi için bazı yerel selülozik artıklarının değerlendirilmesi</i>	189-195
<i>Kutlu N, İşçi A; Kurutma yöntemlerinin kiraz domatesin kurutma karakteristikleri üzerine etkisi ve matematiksel modellemesi / Effect of drying methods on characteristics of cherry tomato and mathematical modeling</i>	197-204
<i>Özdemir Y, Tangu NA, Yavaş H, Güven E; Gemlik zeytin çeşidinde farklı klonlara ait Zeytinyağların sahip olduğu fonksiyonel ve duyuşal özellikler ile raf ömrünün belirlenmesi / Functional and sensory properties and shelf life determination of olive oil of different clones of Gemlik cultivar</i>	205-212
<i>Demirdöven A, Erceyes E, Erceyes Ö; Vişne suyu konsantresi antioksidanlarının üretim ve depolama süresince değişimleri / Changes in sour cherry juice concentrate antioxidants during production and storage</i>	213-220
<i>Uçurum HÖ, Kaygısız M, Uğur N; Kemalpaşa tatlısı (peynir tatlısı) kalite kriterlerinin belirlenmesi / Determination of quality characteristics of Kemalpaşa dessert (cheese dessert)</i>	221-225
<i>Çakmak H, Bozdoğan N, Turkut GM, Kumcuoğlu S, Tavman Ş; Dağ çileğinin (Arbutus unedo L.) kuruma kinetiğinin incelenmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi / Evaluation of drying kinetics of Arbutus unedo L. fruit and determination of quality characteristics</i>	227-234
<i>Güven E, Yıldız H; Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin sanayi uygulamaları-1 / Industrial applications of non-thermal novel food preservation techniques-1</i>	235-242
<i>Güven E, Yıldız H; Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin sanayi uygulamaları-2 / Industrial applications of non-thermal novel food preservation techniques-2</i>	243-250
<i>Güneş R, Demirci AŞ; Konjuge linoleik asitlerin önemi ve bazı probiyotik suşlar tarafından üretimi / Importance of conjugated linoleic acids and their bioproduction by some probiotic strains</i>	251-258
<i>Uzuner S, Çekmecelioğlu D; Gıda atıklarının pektinaz enzimi üretiminde kullanımı / Utilization of food wastes in pectinase production</i>	259-266
<i>Şimşek A, Kılıç B; Et kaynaklı biyoaktif peptitler ve fonksiyonel özellikleri / Meat-derived bioactive peptides and their functional properties</i>	267-274
<i>Koçak A, Şanlı T; Süt proteini kaynaklı ACE-inhibitör peptitleri: Oluşumu, etki mekanizması ve biyoyararlılıkları / Milk proteins derived ACE-inhibitory peptides: Formation, impact mechanism and bioavailability</i>	275-282
<i>Erdal Ö, Döner F, Türköz BK, Göksungur Y; Mikrobiyel yolla üretilen levansükrazlar ve sentezlediği biyopolimerler / Microbial production of levansucrase and synthesized biopolymers</i>	283-290

Editörden,

Merhaba,

GIDA Dergisi'nin 41. yayın yılının 4. sayısında 13 makale bulunmaktadır. Bunlardan 1 adedi İngilizce araştırma makalesi olmak üzere, 5 adedi Türkçe araştırma makalesi ve 7 adedi de Türkçe derleme makalesidir.

Çok uzun bir süreden sonra, Türkçe derleme sayısı toplam araştırma sayısını geçti. Ancak bu kez de, GIDA Dergisi 41. cilt 3. sayısında, yıllardan beri sürdürmüş olduğumuz 8 makale/dergi kuralına uymamış olduk.

Çok zor bir karar idi ama 2016 yılı GIDA Dergisi standart kâğıt basılı şeklinin son yılıdır. 2016 yılı sonrasında GIDA Dergisi artık sadece elektronik ortamda yayımlanacak. Aslında 2015 sonunda kâğıt baskıdan vazgeçmiş olmalı idik.

Kâğıt baskıdan vazgeçme teklifi benden geldi ve sadece GIDA Teknolojisi Derneği Yönetim Kurulu değil, GIDA Teknolojisi Derneği Genişletilmiş Yönetim Danışma Kurulu Üyeleri de bu teklife %100 onay verdi.

GIDA Dergisi 41. cilt, 4. sayısında 13 makale yayımlamak ve bunların 7 adedinin derleme makalesi olması bu nedenledir. 15 Nisan 2016 tarihi esas alınmak üzere baskıya hazır ve işlemleri devam eden tüm makaleleri, 2016 yılı 41. cilt 4.; 5. ve 6. sayılarda kâğıt baskılı ve elektronik ortamda yayımlayacağız. Sonrasında ise, sadece elektronik ortam baskısı olacaktır.

Bir diğer deyişle, 15 Nisan 2016 tarihinden sonra GIDA Dergisinde yayımlanmak amacı ile gönderilen tüm makaleler sadece elektronik ortamda yayımlanacak ve Yıl 2017, Cilt 42 olarak sıra alacaktır.

GIDA Dergisinin elektronik ortamda yayımlanması, dergi içeriğinin hiç şüphesiz kâğıt baskıya nazaran daha önce okunmasını sağlayacaktır. Örneğin; 4. sayı (Temmuz-Ağustos) Mayıs 2016 ortasında elektronik ortamda yayımlandı. 3. ve 4. sayıları Haziran 2016 ortasında basıp dağıtımını yapacağız. 5. Sayı (Eylül-Ekim) muhtemelen Haziran 2016 sonunda elektronik ortamda yayımlanır. Buna göre, 2017 yılı 1. sayısı da yıl bitmeden elektronik ortamda yayımlanmış olur.

Türkiye 12. Ulusal Gıda Kongresi için kayıtlar devam ediyor. 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,

There are 13 articles in the 4th issue of the 41st publication year of Journal of FOOD. One of them is research article in English, the other 5 articles are research articles in Turkish and the rest 7 articles are review articles in Turkish.

After a long time, the number of review articles in Turkish passed the total number of research articles. But this time in the 3rd issue of the volume 41 of Journal of FOOD, we had not complied with the rule of 8 articles/journal which we had maintained for years.

It is a tough decision but, the year 2016 is the last year of the printing of Journal of FOOD in paper form. After the year 2016, Journal of FOOD will only be printed in electronic form. Actually, we should have given up the printing of the journal in paper form at the end of the year 2015.

The proposal of desisting of paper prints came from me and not just the Board of Directors but also the Extended Management Advisory Committee members of the Association of Food Technology gave 100% approval to this offer.

For this reason, we published 13 articles of which 7 are review articles in the 4th issue of the volume 41 of Journal of FOOD. We will print the articles that are ready for printing or have ongoing reviewing steps from the date of April 15, 2016 in both paper and electronic forms, in the 4th, 5th and the 6th issues of the volume 41 of Journal of Food. Afterwards, there will be only electronic printing.

In other words, all articles submitted for the publication in Journal of Food after the date of April 15, 2016 will only be printed in electronic form and will get a volume number of 42 of the year 2017.

The printing of Journal of Food in electronic form will no doubt ensure reading of the the content of the journal previously when compared with its printing in paper form. For example; the 4th issue (July-August) has already been printed in electronic form. We will publish and deliver the 3rd and the 4th issues in the mids of June 2016. The 5th issue (September-October) will probably printed in electronic form at the end of June 2016. Accordingly, the first issue of the year 2017 will be printed in electronic form before the ends of 2016.

The registration for the 12th National Food Congress continues. Subsequently, note the fall of the year 2018 by a ball-point pen to your calendar for the 3rd International Congress on Food Technology which we plan to do in Cappadocia.

Best Regards,
Prof. A. Kadir Halkman

PROPERTIES OF FRUIT BODIES OF OYSTER MUSHROOM (*PLEUROTUS OSTREATUS*) CULTIVATED ON SOME LOCAL CELLULOSIC RESIDUES IN IRAQ

Mustafa Nadhim Owaid^{1,2*}, Idham Ali Abed³, Sajid S. S. Al-Saeedi²

¹Al-Athar School, Heet Education, General Directorate for Education of Anbar,
Ministry of Education, Hit, Anbar 31007, Iraq

²Department of Biology, College of Science, University of Anbar, Ramadi, Anbar 31001, Iraq

³Department of Soil Science and Water Resources, College of Agriculture, University of Anbar,
Ramadi, Anbar 31001, Iraq

Received / Geliş Tarihi: 27.12.2015

Received in revised form / Düzeltilerek Geliş Tarihi 22.02.2016

Accepted / Kabul Tarihi 27.02.2016

Abstract

In this work, some available local cellulosic substrates namely; S1 (wheat straw) as a control, S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber), S3 (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber), S4 (sawdust) and S5 (date palm fiber), were used for cultivation white oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. The shorter period for completion of mycelial growth in bags was 12 days on S2 and S3 media, significantly ($P < 0.05$), whereas, the longer time was 15 days on S4 and S5 media compared with the control (S1) at average 13 days. Biological efficiency percent was 26.1% on S2 medium as a higher percent compared with 23.8% on control medium, while S4 medium was unsuitable for cultivation this strain. In significant ($P < 0.05$), S5 medium showed higher diameter of cap (67 mm) compared with the control medium (S1) at value approx. 60 mm.

Key Words: Mycelial growth, date palm wastes, cultivation, agricultural wastes, basidiomycetic.

IRAK'TA İSTİRİDYE MANTARI (*PLEUROTUS OSTREATUS*) ÜRETİMİ İÇİN BAZI YEREL SELÜLOZİK ARTIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Özet

Bu çalışmada, bazı yerel kullanılabilir selülozik ortamlar olarak buğday samanı (kontrol; S1), % 70 buğday samanı, %20 talaş ve %10 hurma lifi (S2), %50 buğday samanı, %30 talaş ve %20 hurma lifi (S3), talaş (S4) ve hurma lifi (S5) beyaz istiridye mantarı *Pleurotus ostreatus* yetiştirilmesi için kullanılmıştır. Misel gelişiminin tamamlanması için en kısa süre S2 ve S3 ortamlarında 12 gün olmuştur ($P < 0.05$). Bu süre, S4 ve S5'te 15 gün iken kontrol olarak kullanılan S1'de 13 gün olmuştur. Biyolojik etkinlik değeri S2'de %26.1 iken kontrol ortamında %23.8 olarak bulunmuştur. S4 ortamı, bu suşun gelişimi için uygun bulunmamıştır. S5 ortamında çap 67 mm ile kontrol ortamındaki (S1) yaklaşık 60 mm'den daha büyüktür ($P < 0.05$).

Anahtar kelimeler: Misel gelişesi, hurma atıkları, tarım, tarımsal atıklar, basidiomycetes.

* Corresponding author/ Yazışmalardan sorumlu yazar;

✉ mustafanowaid@gmail.com, ☎ (+964) 7902651440

INTRODUCTION

Oyster mushroom, *Pleurotus* spp., is one of twenty four edible and medicinal mushrooms produced within special cultivation farms (1). The genus *Pleurotus* spp. belongs to division Basidiomycota in more than seventy species such as *Pleurotus ostreatus* (2). Cultivation of *P. ostreatus* is an easy biotechnological method through bio-recycling of cellulose, hemicellulose and lignin matters, its outcome fresh food highly protein with reducing of ecological pollution (3).

Pleurotus ostreatus is source for trace elements (4), vitamins, essential amino acids (5) and low caloric level (6). *P. ostreatus* has high medicinal activities such as antiviruses, anti-inflammatory (7), anticancer (8), antioxidant (9), anti-parasitic (10), antibacterial (11) and antifungal activities (12).

Pleurotus spp. can be cultivated on different substrates containing cellulose, hemicellulose and lignin such as soybean straw, paddy straw, coffee pulp, cotton wastes, corn cobs wastes (13), bean straw, crushed bagasse, molasses wastes (14), cardboard and paper wastes (15-17) and sawdust (18, 19). Presently, *P. ostreatus* is cultivating on date palm residues such as empty palm fruit bunch (20, 21), date palm leaves (22-24), stalk and base stalk of date palm (25) and date palm fibers (25-27) mixed with other cellulosic wastes. Recently, *Pleurotus florida* is cultivate on date palm residue in Saudi Arabia (28), while cultivation of *P. salmoneostramineus* and *P. cornucopiae* were achieved in Iraq (26).

Date palm wastes represent major quantities of biomass as lignocellulosic matters. These biomasses are mostly including cellulose, hemicelluloses and lignin (29). More quantities of date palm wastes come out within environment from the carelessness or management of date palm trees, which use as substrate instead of burning processes that lead toward pollution of air (30). The aim of this work is use date palm fibers mixed with wheat straw and sawdust, supplemented with phosphate rock as a nutrient to improve agricultural media value, for cultivation of *P. ostreatus*.

MATERIALS AND METHODS

Strains

White oyster mushroom species *Pleurotus ostreatus* is obtained from Mushroom Box Company, Monmouth, UK, in form spawn and sub cultured it on potato dextrose agar (PDA) medium at 25 C° for this experiment. Spawn was achieved on millet plant (*Pennisetum americanum*) seeds as mentioned by Owaid et al. (31).

Substrates

In this test, available local cellulosic wastes, in Iraq, were used namely, wheat straw, sawdust (from factories of wood) and chopped date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fibers. Five combinations were used in this experiment; S1 (wheat straw) as a control, S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber), S3 (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber), S4 (sawdust) and S5 (date palm fibers). All mixtures were supplemented with 5% rock phosphate based on dry matter is brought from State Company For Phosphate in Anbar province.

Substrates preparation and mushroom cultivation
After the soaking these mixtures, pasteurization process was applied using boiling in water for 2 h, cooled, put on clean place to drain out excess water and mixed with five percent of rock phosphate powder. Inoculation was achieved at percent 4% mushroom spawn (based on wet matter) within 1.5 kg substrate in layers method, which packed in polyethylene bags (their capacity 30x50 cm) then closed. The inoculated bags were transferred into incubation room, darkly incubated at 25 °C and 90% relative humidity for spawn running. During the fruiting stage, the bags were opened when the mycelia had covered all the substrates, shocked using 15 °C for 2 days, lighted 12 h/d using fluorescent light and fresh aeration twice a day. Spray watering was also given twice a day with 90% humidity (30).

Determinations are including mycelial completion time (MCT), growth intensity level (GIL), primordial formation time (PFT), flushes numbers, total yield, fruit bodies' number, diameter of pileus, thickness of pileus, length of stipe and diameter of stipe

(30). Biological efficiency also was calculated according to the following equation: Biological efficiency η (%) = (weight of harvested fresh mushrooms / weight of dried substrate) x 100 (32).

Statistical Analysis

The data, collected in triplicates, has been expressed by its mean value and standard deviation (SD). The results were subjected to one way analysis of variance (ANOVA) using SAS statistical program for windows (version 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The significance of difference was determined according to Duncan’s Multiple Range Test (DMRT). *P* values < 0.05 were considered to be statistically significant.

RESULTS AND DISCUSSION

In Table 1, status of white oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* before fruits emergence was demonstrated, that including mycelial completion time (MCT), growth intensity level (GIL) and primordial formation time (PFT). The shorter time to complete mycelial growth in bags was approx. 12 days, as a best period for MCT, on S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber) and S3 (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber) media, significantly (*P*<0.05). Whereas, the longer time was 15 days on S4 (sawdust) and S5 (date palm fiber) media compared with the control (wheat straw) medium at average 13 days. That agrees with results of Owaid et al. (30) who elucidated MCT after 13 days on wheat straw substrate in case blue oyster mushroom *P. ostreatus*, also it took time at average 17 days on sawdust substrate.

The shorter time to overgrow mycelia of *P. ostreatus* on the agro-substrate may be return to capability of this fungus for producing enzymes to decompose lingo-cellulosic substrates (25). Also, type of cellulosic waste affected on speed of mycelial growth and the covering time (MCT) appreciably (30, 33). All those agree with using *P. ostreatus* as a microbial factor to decompose mixture of date palm wastes and wheat straw, which led to increase digestion of dry matter by produced oyster mushroom’s enzymes by their mycelia (34).

Growth intensity level (GIL) was assessed according to three levels; (1st level: Light, 2nd level: Moderate, 3rd level: Vigorous) (30). S4 and S5 media had 3rd level (vigorous level), significantly (*P*<0.05), while the lesser intensity was recorded a light growth (1st level) on S2 medium compared with the 2nd level (moderate intensity) on the control (S1) and S3 media. Table 1, also, showed primordial formation time (PFT) which reached to 41 days on S5 medium in significant (*P*<0.05) followed by S4 medium at average 24 days. S5 medium led to form fruit bodies; also other substrates, while S4 medium inhibited the fruits emergence (Table 2). The lesser primordial formation time was 6 days on S3 medium compared with 8 and 9 days on the control and S2 media respectively. Conversely, in spite of S2 substrate showed lower growth intensity (GIL) but this mixture had given preferable results for cultivation this fungus (Table 2) and took lesser period for MCT.

Intensity of mycelia may be signaled to reduce the total yield and number of fruits as showed in Tables 2 & 3. The extended time of MCT of S4

Table 1. Properties of oyster mushroom’s mycelia before fruiting bodies formation

Type of agro-substrate	Mycelium Completion Time (MCT) days	Growth Intensity Level (GIL)	Primordial Formation Time (PFT) days
S1	12.7 ^b	2 ^b	7.7 ^{dc}
S2	11.7 ^c	1 ^c	9.3 ^c
S3	12.0 ^{ab}	2 ^b	6.3 ^d
S4	15.0 ^a	3 ^a	24.0 ^b
S5	15.3 ^a	3 ^a	41.3 ^a
Mean ± MSD	13.3 ± 0.44	2.2 ± 0.0	17.7 ± 1.57

Legend: Growth Intensity Level (GIL): 1: Light, 2: Moderate, 3: Vigorous. S1: wheat straw substrate, S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber), S3: (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber), S4: sawdust, S5: date palm fiber. Values followed by the same superscript letter(s) along each column are not significantly different by Duncan’s multiple range test (DMRT) (*P*<0.05). MSD: Mean of standard deviation.

medium was attributive to the substrate type which composed from sawdust alone that unsuitable for *P. ostreatus* cultivation, thereby it must be mixed with other cellulosic matters. Thus, the shorter time for primordial formation of *P. ostreatus* was on the mixture substrates (30). These results are in agreement with the finding of Owaid et al. (27), they reported that the sawdust extract exhibits poor mycelial growth of *P. ostreatus in vitro*. Davis and Aegerter (35), emphasized that sawdust must be not used alone but in mixtures with various agro-residues. Also, Onuoha (36) mentioned that the sawdust may be reduced *P. ostreatus* production relatively. The reason of this case may be belongs to pretreat sawdust, which made in factories of wood, by fungicides and antibacterial chemicals (37). When MCT increased, GIL increased too; the reason returns to hat MCT has been associated ($r=0.86$) with GIL at a positive correlation at probability level <0.01 .

Table 2 showed some quantity characteristics for *Pleurotus ostreatus* (white strain) which cultivated on various agricultural wastes supplemented with phosphate rock which has high trace minerals value (38). Number of flushes was 2 flushes on

all substrates except S5 medium which given only one flush. In contrast, S4 medium was unsuitable for formation of fruit bodies in spite of highly intensity of mycelial growth (Table 1). In significant ($P < 0.05$), the higher total yield of oyster mushroom was recorded on S2 and S1 media (93.81 and 82.28 g/bag) respectively. S3 medium given crop outreach 50 g/bag while S5 medium recorded lower crop come to 31.84 g/bag. Biological efficiency percent was 26.1% on S2 medium as a higher percent compared with 23.8% on the control, followed by S3 medium at percent 12.9%, while S5 medium showed lower biological efficiency (only 6.4%). In contrast, S4 medium did not show any biological efficiency because no yield achieved on it due to consider this medium was unsuitable for cultivation *P. ostreatus*. S3 medium showed higher fruit bodies weight (11.1g) and lower fruit bodies number (approx. 4 fruits). The higher fruit bodies' number was approx. 12 fruits on S2 medium compared with 11 fruits on S1 medium (control), while, S5 medium showed 5 fruits. Average of fruits weight was changeable from 8 g on S2 and S5 media to 7 g on control medium (S1).

Table 2. Quantity properties of cultivated white oyster mushroom on various cellulosic matters

Type of agro-substrate	No. of Flushes	Flushes weight (yield) (g/bag)	Biological efficiency (%)	Fruits number	Fruit weight (g)
S1	2 ^a	82.28 ^{ab}	23.89 ^a	11.3 ^a	7.26 ^a
S2	2 ^a	93.81 ^a	26.15 ^a	11.7 ^a	8.03 ^a
S3	2 ^a	50.92 ^{bc}	12.91 ^b	4.3 ^b	11.13 ^a
S4	0 ^b	0.00 ^d	0.00 ^c	0.0 ^c	ND
S5	1 ^a	31.84 ^{dc}	6.44 ^b	5.0 ^b	8.43 ^a
Mean \pm MSD	1.4 \pm 0.0	51.77 \pm 18.04	13.87 \pm 4.58	6.4 \pm 1.48	8.71 \pm 4.01

Legend: S1: wheat straw substrate, S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber), S3: (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber), S4: sawdust, S5: date palm fiber. Values followed by the same superscript letter(s) along each column are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT) ($P < 0.05$). MSD: Mean of standard deviation.

Table 3. Quality properties of white oyster mushroom's fruit bodies on various cellulosic matters

Type of agro-substrate	Diameter of pileus mm	Thickness of pileus mm	Length of stipe mm	Diameter of stipe Mm	D/L ratio
S1	60.3b	3.6bc	37.3ab	12.8b	1.6b
S2	44.7c	5.1a	31.3b	11.1b	1.4b
S3	60.6b	4.0b	41.0a	17.1a	1.5b
S4	ND	ND	ND	ND	ND
S5	67.0a	2.9c	33.5ab	9.8b	2.1a
Mean \pm MSD	58.1 \pm 3.40	3.9 \pm 0.44	35.7 \pm 4.21	12.7 \pm 1.11	1.6 \pm 0.21

Legend: S1: wheat straw substrate, S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber), S3: (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber), S4: sawdust, S5: date palm fiber. D/L ratio: diameter of pileus/length of stipe ratio. Values followed by the same superscript letter(s) along each column are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT) ($P < 0.05$). MSD: Mean of standard deviation. ND: Not Detected.

Generally, hardwood sawdust substrate alone was unsuitable for cultivation white oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*, that due either to phenol content of hardwood sawdust (39) or this wood was pretreated by fungicides in wood processing to protect it from microbial decomposition, which led to prevent fruiting bodies formation in this study (37). Also, Hami (40) reported that softwood sawdust is more suitable than hardwood sawdust for cultivation of *P. ostreatus*. This agrees with some researchers, they referred to use hardwood sawdust of factories in mixtures but no alone (27, 30, 35). That is agreement with the mentioned results by Alheeti et al. (12) and Owaid et al. (30) when they used same cellulosic mixtures for oyster mushroom cultivation. These results indicated to use mixtures from more than one substrate instead of that composed from one substrate (25, 27, 41). The reason of high biological efficiency in case S2 medium return to these combinations which have been formed from more one substrate or to use date palm wastes in these mixtures to improve its quality, which agreed with results of some studies (25, 26).

Quality characteristics of produced white oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* did not detect on S4 medium because it was unsuitable to cultivate this mushroom strain, but it was suitable when mixed with other cellulosic wastes such as wheat straw and date palm wastes to improve its properties. Sawdust of wood factories was treated with antifungal and antibacterial chemicals to prevent decomposition of house's doors and furniture that may be lead to inhibit fruit bodies formation afterwards (26).

Quality properties of mushroom had been related with the fruit body size such as determination of pileus (cap) and stipe (stem in plant) (30). Generally, diameter of pileus recorded average 58.1 ± 3.40 mm. S5 medium showed higher diameter 67 mm significantly ($P < 0.05$), whereas S1 and S3 media followed that at value approx. 60 mm. The produced fruits on S2 medium exhibited lower diameter around 45 mm, but it exhibited higher thickness of pileus (5.1 mm), whereas S5 medium had lower thickness (2.9 mm). Diameter of stipe was approx. 10, 11, 13 and 17 mm for fruits which produced on S5, S2, S1 and S3 media respectively. In general, length

of stipe was at average 35.7 ± 4.21 whereas the diameter of pileus/length of stipe ratio (D/L ratio) recorded value at average 1.6 ± 0.21 , which was important to define the good quality for fruit bodies (Table 3).

Some of the studied properties link together in negative or positive correlations that is demonstrate the reasons of decreasing or increasing some results (30). According to the correlation, total yield has positive correlation ($r = 0.60$) at probability level < 0.01 with average of fruit weight. Also, the last one has positive correlations ($r = 0.80$), ($r = 0.74$), ($r = 0.70$) and ($r = 0.69$) at probability level < 0.01 with diameter of stipe, length of stipe, diameter of pileus and thickness of pileus respectively. All that lead to increase the biological efficiency that links together with total yield in positive correlation ($r = 0.99$) at $P < 0.01$. That is illustrate increase of fruit size or its weight with line of diameter of pileus/stipe desirable in this field but this increasing in length of fruit stipe is undesirable; all that verified in this work.

CONCLUSION

Five substrates namely; S1 (wheat straw), S2 (70% wheat straw, 20% sawdust and 10% date palm fiber), S3 (50% wheat straw, 30% sawdust and 20% date palm fiber), S4 (sawdust) and S5 (date palm fibers), were used to cultivate white oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. In conclusion, the shorter period for completion of mycelia in bags was 12 days, as a best time on S2 and S3 media, significantly ($P < 0.05$). Biological efficiency percent was 26.1% on S2 medium as a higher percent while S4 medium was unsuitable medium for this mushroom. Diameter of pileus was recorded average 58.1 ± 3.40 mm.

REFERENCES

1. Thomas, MG, Schumann DR. 1993. Income Opportunities in Special Forest Products-Self-Help Suggestions for Rural Entrepreneurs. Agriculture Information Bulletin AIB, U.S. Department of Agriculture, Washington, p. 139.
2. Chang, S-T, Miles, PG. 2004. Mushrooms Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact. 2nd Ed. CRC Press LLC. USA. pp. 451.

3. Sanchez, C. 2010. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. Mini-review. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 85, 1321-1337.
4. Owaid, MN, Al-Saeedi, SSS, Abed, IA. 2015. Mineral elements of white, grey, yellow and pink oyster mushrooms (Higher Basidiomycetes). *GIDA*, 40(6), 319-326.
5. Santos-Neves, JC, Pereira, MI, Carbonero, ER, Gracher, AHP, Gorin, PAJ, Sasaki, GL, Iacomini, M. 2008. A gel-forming β -glucan isolated from the fruit bodies of the edible mushroom *Pleurotus florida*. *Carbohydr. Res.*, 343, 1456-1462.
6. Badu, M, Twumasi, SK, Boadi, NO. 2011. Effects of lignocellulosic in wood used as substrate on the quality and yield of mushrooms. *Food Nutr. Sci.*, 2, 780-784.
7. Carvalho, MP, Der Sand, STV, Rosa, EAR, Germani, JC, Ishikawa, NK. 2007. Investigation of the Antibacterial Activity of Basidiomycetes. *Biociencias, Porto Alegre*, 15(2), 173-179.
8. Kim, JH, Kim, SJ, Park, HR, Choi, JI, Ju, YC, Nam, KC, Kim SJ, Lee, SC. 2009. The different antioxidant and anticancer activities depending on the color of oyster mushrooms. *J. Med. Plants Res.*, 3(12), 1016-1020.
9. Oyetayo, VO, Ariyo, OO. 2013. Antimicrobial and Antioxidant Properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fries) Cultivated on Different Tropical Woody Substrates. *J. Waste Conv. Bioprod. Biotechnol.*, 1(2), 28-32.
10. David, OM, Fagbohun, ED, Oluyeye, AO, Adegbuyi, A. 2012. Antimicrobial activity and physicochemical properties of oils from tropical macrofungi. *J. Yeast Fungal Res.*, 3(1), 1- 6.
11. Owaid, MN, Al-Saeedi, SSS, Al-Assaffii, IA. 2015. Antimicrobial activity of mycelia of oyster mushroom species (*Pleurotus* spp.) and their liquid filtrates (*in vitro*). *J. Med. Bioeng.*, 4(5), 376-380.
12. Alheeti, MNO, Al-Saeedi, SSS, Al-Assaffii, IA, Sabaratnam, V. 2013. Antifungal activities of mycelia and culture filtrate of four oyster mushroom species (*Pleurotus* spp.) against pathogenic fungi. Poster, the 7th International Medicinal Mushroom Conference, Beijing, China. 26-29 August 2013. doi:10.13140/2.1.4684.8322
13. Poppe, J. 2004. Part II. Oyster Mushrooms, Substrate. In: *Mushroom Growers Handbook, Oyster Mushroom Cultivation*, Vol. 1. MushWorld, Aloha Medicinals Inc. Korea. pp. 75-85.
14. Ahmed, SA, Kadam, JA, Mane, VP, Patil, SS, Baig, MMV. 2009. Biological efficiency and nutritional contents of *Pleurotus florida* (Mont.) Singer cultivated on different agro-wastes. *Nat. Sci.*, 7(1), 44-48.
15. Kulshreshtha, S, Mathur, N, Bhatnagar, P, Kulshreshtha, S. 2013. Cultivation of *Pleurotus citrinopileatus* on handmade paper and cardboard industrial wastes. *Ind. Crops Prod.*, 41, 340-346.
16. Owaid, MN, Nassar, BM, Abed, AM, Turki, AM. 2015 Effect of cellulosic matter and container size on cultivation and yield of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *J. Med. Herbs Ethnomed.*, 1(1), 59-63.
17. Owaid, MN, Abed, AM, Nassar, BM. 2015. Recycling cardboard wastes to produce blue oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* in Iraq. *Emirates J. Food Agric.*, 27(7), 537-541.
18. Pathmashini, L, Arulnandhy VWijeratnam RSW. 2008. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on sawdust. *Cey. J. Sci. (Bio. Sci.)*, 37(2): 177-182.
19. Owaid, MN, Al-Saeedi, SSS, Sabaratnam, V, Al-Assaffii, IAA, Raman, J. 2015. Growth performance and cultivation of four oyster mushroom species on sawdust and rice bran substrates. *J. Adv. Biotechnol.*, 4(3), 424-429.
20. Tabi, ANM, Zakil, FA, Fauzai, WNF, Ali, N, Hassan, O. 2008. The usage of empty fruit bunch (EFB) and palm pressed fiber (PPF) as substrates for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Jurnal Teknologi*, 49(F), 189-196.
21. Mohamad, II, Hassan, MF, Mohamad, SN, Tin, LC, Sarmidi, MR. 2008. Production of *Pleurotus sajor-caju* on sawdust of rubber tree and empty palm fruit bunch. *J. Chem. Nat. Resour. Eng.*, 14-23.
22. Daneshvar, MH, Heidari, M. 2008. Effects of wheat straw, leaves of date palm and alfalfa on oyster mushroom yield. 3rd National Congress of Recycling and Reuse of Renewable Organic Resources in Agriculture.

23. Kabirifard, AM, Fazaeli, H, Kafilzadeh, F. 2012. Comparing the growth rate of four *Pleurotus* fungi on wheat stubble and date palm leaf. *J. Res. Agric. Sci.*, 8(1), 35-43.
24. Alananbeh, KM, Bouqellah, NAA, Kaff, NS. 2014. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. *Saudi Arabia Biol. Sci.*, 21(6), 616-625.
25. Hassan, IA. 2011. Effect of sterilization on the yield and storage life of oyster mushroom cultivated on date palm by products. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Baghdad, Iraq.
26. Alheeti, MNO. 2013. Testing efficiency of different agriculture media in growth and production of four species of oyster mushroom *Pleurotus* and evaluation the bioactivity of tested species. Ph.D. thesis. Dep. Biology, College of Science, University of Anbar, Iraq. 169 pp.
27. Owaid, MN, Al-Saeedi, SSS, Al-Assaffii, IA. 2014. Impact palm date fibers (fibrillum) and sawdust extract on mycelial growth rate of four species of *Pleurotus*. 3rd Scientific Conference for Plant Production. *J. Tikrit Univ. For Agri. Sci.*, 14 (special issue), 1-7.
28. Alkoaik F, Khalil, A, Fulleros, R, Reyes, RG. 2015. Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus florida*) on Date Palm Residues in an Environmentally Controlled Conditions in Saudi Arabia. *Adv. Environ. Biol.*, 9(3), 955-962.
29. Al-Jabray, KMA, Namma, MA, Mahdi, AS. 2005. Lignin and cellulose content in some parts of date palm *Phoenix dactylifera* L. cultivars Hillawi and Barhi. *Basrah Date Palm Res. J.*, 4(1-2), 124-131.
30. Owaid, MN, Abed, IA, Al-Saeedi, SS. 2015. Using of date palm fiber mixed with other lignocelluloses toward *Pleurotus ostreatus* (Higher Basidiomycetes) cultivation. *Emirates J. Food. Agric.*, 27(7), 556-561.
31. Owaid MN, Al-Saeedi, SSS, Abed, IA. Easy biotechnology for producing spawns of oyster mushroom locally. (unpublished)
32. Chang, ST, Lau, DW, Cho, KY. 1981. The cultivation and nutritional value of *Pleurotus sajor-caju*. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biot.*, 12, 58-62.
33. Kashangura, C. 2008. Optimisation of the growth conditions and genetic characterisation of *Pleurotus* species. Ph.D. Thesis. Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Zimbabwe. 152 pp.
34. Hassan, SA, Al-Samaraae, WH, Hashim, AJ. 2008. Comparison study between chemical and microbial treatment of ground and chopped frond and barley straw. *The Iraqi J. Agric. Sci.*, 39(2), 79-93.
35. Davis, RA, Aegerter, BJ. 2000. Edible Mushroom Cultivation. Scientific Publishers Jodhpur India. pp. 2-5.
36. Onuoha, CI. 2007. Cultivation of the mushroom (*Pleurotus tuber regium*) using some local substrates. *Life Sci. J.*, 4(4), 58-61.
37. Kalpana, RS, Mishra, AK, Nair, MV. 2011. Polymeric products as effective biocide (antifungal agent) against deteriorating wood. *Asiatic J. Biotechnol. Res.*, 2(5), 542-546.
38. Owaid, MN, Abed, IA. 2015. Mineral analysis of phosphate rock as Iraqi raw fertilizer. *Int. J. Environ.*, 4(2), 413-415.
39. Ranjini, R, Padmavathi, T. 2012. Phenol tolerance of *Pleurotus florida* under varying conditions of nitrogen sufficiency. *Eur. J. Exp. Biol.*, 2(1), 75-82.
40. Hami, H. 1990. Cultivation of oyster mushroom on sawdust of different woods. M.Sc. Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
41. Aswad, HB. 2005. Effect of microbial biotechnical and media mixtures on production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Anbar, Iraq.

Yazım Kuralları

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

www.gidadernegi.org/ Gıda Dergisi / Yayın kuralları

Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu

GIDA (2009) 34 (1): 65

www.gidadernegi.org/ Gıda Dergisi / Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu

Son Kontrol Listesi

GIDA (2009) 34 (1): 66

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.

KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KIRAZ DOMATESİN KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE MATEMATİKSEL MODELLEMESİ

Naciye Kutlu*, Aslı İşçi

Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Dışkapı, Ankara

Geliş tarihi / Received: 25.11.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 18.01.2016

Kabul tarihi / Accepted: 20.01.2016

Özet

Bu çalışmada, kiraz domatesi (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*), iki farklı yöntem (tepsili kurutucu (TK) ve mikrodalga (MD)) kullanılarak farklı sıcaklıklar (60, 70 ve 80 °C)-MD güçlerinde (140, 210 ve 280 W) kurutulmuş ve bu değişkenlerin, ürünün bazı özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneysel veriler literatürden bulunan 13 farklı modele uyarlanmış ve modellerdeki katsayılar doğrusal olmayan regresyon analizleri ile hesaplanmıştır. MD ile kurutmanın süreyi yaklaşık %38 oranında azalttığı görülmüştür. Efektif difüzyon katsayıları, artan sıcaklık ve MD gücü ile yükselmiştir. En iyi uyum sağlayan modeller Logaritmik, Wang&Sing ve Midilli olarak bulunmuştur. TK ve MD ile kurutulan örneklerin aktivasyon enerjileri sırasıyla 25.00 ve 15.3 W/g olarak bulunmuştur. Yaş örneğe en yakın renk değerleri TK için 60 °C'de bulunurken, MD güçleri arasında fark görülmemiştir. MD örneklerinin renk kalitesinin, TK ile kurutulmuş örneklere kıyasla daha iyi olduğu bulunmuştur. En yüksek rehidrasyon oranının, TK için 60 °C'de, MD için ise 210 W gücünde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kiraz domatesi, kurutma, modelleme, tepsili kurutucu, mikrodalga.

EFFECT OF DRYING METHODS ON CHARACTERISTICS OF CHERRY TOMATO AND MATHEMATICAL MODELING

Abstract

In this study, cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*) were dried with two different methods (tray dryer (TD) and microwave (MW)) using different temperatures (60, 70 and 80 °C)-MW powers (140, 210 and 280 W). The effects of drying parameters on some drying characteristics of cherry tomatoes were investigated. Thirteen mathematical models available in the literature were fitted to the experimental moisture ratio data and the coefficients of the models were determined by non-linear regression analysis. It was observed that drying in microwave oven has reduced the drying time by 38%. The effective moisture diffusivities increased with increasing temperature and MW power. The best fit models were found as Logarithmic, Wang&Sing and Midilli. The activation energy values were found as 25.00 ve 15.3 W/g for samples dried with TD and MW, respectively. The closest color values to wet sample were detected at 60 °C for TD, but there were no differences between MW powers. Color values of MW samples were found be better than TD samples. Maximum rehydration rate was detected at 60 °C for TD and 210 W for MW.

Keywords: Cherry tomato, drying, modeling, tray dryer, microwave.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ nkutlu@ankara.edu.tr,

© (+90) 312 203 3300-3632,

☎ (+90) 312 317 8711

GİRİŞ

Domates taze, kuru ya da konserve şeklinde, en çok tüketilen meyvelerden biridir. Türkiye, 1135000 ton domates üretimi ile Dünya'da dördüncü sırada yer almaktadır (1). Kiraz domatesinin su içeriğinin normal domates ile yaklaşık aynı olmasına karşın, daha yüksek miktarda, vitamin A, C ve B6 içerdiği görülmüştür. Ayrıca, likopen ve beta karoten miktarları da oldukça yüksektir (2). Kurutulmuş domates, salatalarda, çorbalarda, yemek ve soslarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Kurutma, çok eski yıllardan beri yaygın bir şekilde kullanılan en önemli gıda koruma yöntemlerinden biridir. Gıdaların kurutulması günümüzde laboratuvar ya da endüstriyel ölçekli birçok farklı yöntem ile yapılabilmektedir. Bunlardan en önemlisi, sıcak hava ile kurutma olup, endüstriyel olarak da bu yöntem çok yaygındır. Kurutma yöntemi, ürün kalitesi içinde çok önemlidir (3). Sıcak hava kurutma yöntemiyle yapılan çalışmalar için örnek olarak, mantar (4), elma (5) ve kivi (6) verilebilir.

Mikrodalgalar 300 MHz ve 300 GHz frekans aralığına sahip elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalgalar, iyonik iletim ve dipolar rotasyon olmak üzere iki şekilde ısıtma sağlarlar (7). Mikrodalga sistemleri henüz endüstriyel anlamda çok yaygın olmamasına karşın, laboratuvar çalışmalarında çok kullanılmaktadır (8). Tercih edilmesinin en önemli sebebi kurutma süresini oldukça kısaltmasıdır. Bunun yanında, etkin enerji kullanımı, seçici ısıtma, hassas proses kontrol, yüksek besin değerine sahip gıda sağlama gibi birçok avantajı da mevcuttur (9). MD kurutma yöntemiyle yapılan çalışmalar için örnek olarak, muz (10), nar (11) ve elma (12) verilebilir.

Bu çalışmanın amacı, kiraz domatesini iki farklı yöntem kullanılarak kurutulmasıdır. Kurutma sırasında farklı sıcaklıklar (60, 70 ve 80 °C) ve MD güçleri (140, 210, 280 W) denenmiş olup bu parametrelerin kurutma karakteristikleri (kuruma hızı, süresi, nem içeriği, efektif difüzyon katsayısı, aktivasyon enerjisi, renk ve rehidrasyon oranı) üzerine etkisi incelenmiştir. Denemeler sonunda elde edilen nem değişimi verileri, matematiksel modeller ile açıklanmış ve en iyi uyum gösteren modeller belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan kiraz domatesi, lokal marketlerden tedarik edilmiştir. Örnekleri, kurutulmadan önce ekvatora dik olacak şekilde ikiye bölünmüştür (Çap 26±1 mm). Örneklerin kurutma öncesi ve sonrasındaki nem miktarları 105 °C'de infrared nem tayin cihazı (HB43-S, Metter Toledo, USA) ile belirlenmiştir.

Örneklerin tepsili kurutucu (TK) ile kurutulması

Deneylerde kullanılan laboratuvar ölçekli TK İNOKSEN A.Ş. firması tarafından özel olarak imal edilmiştir. Örnekler değişik kurutma sıcaklıklarında (60, 70 ve 80 °C) ve sabit hava hızında (2 m/s) kütle değişimleri sabitleninceye kadar kurutulmuştur. Ürünlerdeki ağırlık değişimleri her 30 dakikada bir kaydedilmiştir. Tüm deneyler 2 tekerrürlü yapılmıştır.

Örneklerin mikrodalga (MD) ile kurutulması

Örnekler, MD işlemi öncesinde TK ile (80 °C ve 2 m/s hava hızı) nem miktarı %65 (y.b) oluncaya kadar bir ön-kurutmaya tabii tutulmuştur. Daha sonra örnekler MD fırında (General Electric, GMOM 25, A.B.D) 3 farklı güç seviyesinde (140, 210, 280 W) kurutulmuşlardır. Güçler belirlenirken, materyalin kuruyabildiği en düşük güç ile yanmadan dayanabildiği en yüksek güç seçilmiştir. Ürünlerde kütle değişimleri hassas terazi ile (ATX-224, Shimadzu, Japonya) 30 saniyede bir kaydedilmiş ve tüm deneyler 2 tekerrürlü yapılmıştır.

Renk analizleri

Renk analizi, renk ölçer cihazı (C-400, Konica Minolta, Japonya) ile yapılmıştır. Kurutma öncesi ve kurutma sonrası 3 noktadan alınan CIE L*, a* ve b* değerleri kayıt edilmiş ve a*/b* oranı hesaplanmıştır. CIE L*, a* ve b* renk skala sisteminde L* aydınlık (parlaklık) değeridir. L* maksimum 100 (beyaz), minimum 0 (siyah) olacak şekilde değişebilmektedir. Pozitif a*, b* sırası ile kırmızı ve sarı, negatif a*, b* ise sırası ile yeşil ve mavi rengi göstermektedir (13).

Rehidrasyon oranı

Kurutulmuş örnekler 24 saat boyunca 25±1 °C'de su banyosu (SBD-313, Şimşek Laborteknik, Türkiye) içerisinde tutulmuş ve sonrasında yaş ürün ağırlıkları bulunmuştur (3). Rehidrasyon oranı eşitlik 1 ile hesaplanmıştır.

$$RO = \frac{\text{yaş ağırlık (g)} - \text{kuru ağırlık (g)}}{\text{kuru madde miktarı (g)}} = \frac{\text{tutulan su miktarı (g)}}{\text{kuru madde miktarı (g)}} \quad (1)$$

Difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi hesaplamaları

Difüzyon katsayılarının belirlenmesinde kullanılan matematiksel eşitlik 2 aşağıda verilmiştir. Burada, ANO; Ayrılabilir nem oranı (M/M₀) (ürünün "t" anındaki nem miktarının ilk nem içeriğine oranı), t; kurutma süresi (s), D_{eff}; Efektif difüzyon katsayısı (m²/s) ve L; yarım dilim kalınlığı (m)'dir. Uzun kuruma süreleri için eşitlik 2, serilerin ilk terimleri sadeleştirilip, logaritmik formda yazıldığında eşitlik 3 elde edilir.

$$ANO = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{[2n+1]^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (2)$$

$$\ln ANO = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \quad (3)$$

Bu çalışmada eşitlik 3'den yola çıkarak, ANO değerlerinin doğal logaritmik dönüşümleri zamana karşı grafiğe geçirilmiş ve elde edilen doğrunun eğimi kullanılarak D_{eff} değerleri eşitlik 4 ile hesaplanmıştır. Bu denklemde K, doğrunun eğimini göstermektedir (14).

$$K = \frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2} \quad (4)$$

Difüzyon katsayısının değişimi Arrhenius tipi üssel bir fonksiyonla açıklanabilmektedir. Aktivasyon enerjileri, TK ile kurutulan örnekler için eşitlik 5, MD ile kurutulan örnekler için eşitlik 6 kullanılarak (15) hesaplanmıştır.

$$D_{\text{eff}} = D_0 \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right) \quad (5)$$

$$D_{\text{eff}} = D_0 \exp\left(-\frac{E_A m}{P}\right) \quad (6)$$

Bu eşitliklerde, D_{eff} ; Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), D_0 ; Sonsuz sıcaklıktaki difüzyon katsayısı (m^2/s), E_A ; Aktivasyon enerjisi (kJ/mol), R; Üniversal gaz sabiti ($\text{kJ}/\text{mol.K}$), T; kurutma havası sıcaklığı (K), m; yaş ürün ağırlığı (g) ve P; MD gücüdür (W).

Matematiksel modelleme

Gıda kurutma proseslerinde en çok kullanılan 13 model (Çizelge 1) istatistiksel olarak kıyaslanmış ve modellerdeki katsayılar doğrusal olmayan regresyon analizi (SigmaPlot 11.0, Systat Inc., USA) yapılarak bulunmuştur. Deneysel verilere en uygun model belirlenirken RMSE (tahmini standart hata), χ^2 (ki-kare) ve R^2 (belirleme katsayısı) hesaplanmıştır. Tahmini standart hata, modelden elde edilen tahmini ve deneysel veri arasındaki sapmayı ve ki-kare uyumun iyilik derecesini göstermektedir. En uygun model için ki-kare ve tahmini standart hata değerinin sıfıra, R^2 'nin ise bire yakın olması gerekmektedir (29). Bu eşitliklerde, ANO_{tahmini} ; tahmini ayrılabilir nem oranı, ANO_{deneysel} ; deneysel ayrılabilir nem oranı, N; deneysel veri sayısı ve n; kullanılan modeldeki katsayı sayısıdır.

Çizelge 1 Çalışmada kullanılan matematiksel modeller

Table 1 Thin layer drying models

Model	Model Adı / Model Name	Kaynak / References
$ANO = \exp(-kt)$	Newton	16
$ANO = \exp(-kt^n)$	Page	17
$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page I Modified Page I	18
$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page II Modified Page II	19
$ANO = a \exp(-kt)$	Henderson & Pabis	20
$ANO = a \exp(-kt) + c$	Logaritmik / Logarithmic	21
$ANO = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	İki terimli / Two-term	22
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$	İki terimli exponansiyel Two-term exponential	23
$ANO = 1 + at + bt^2$	Wang&Sing	24
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$	Difüzyon yaklaşım Diffusion approach	25
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$	Verma ve ark. Verma et al.	26
$ANO = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	Geliştirilmiş Henderson ve Pabis Modified Henderson and Pabis	27
$ANO = a \exp(-kt) + bt$	Midilli	28

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{\text{tahmini}} - ANO_{\text{deneysel}})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{\text{deneysel}} - ANO_{\text{tahmini}})^2}{N - n} \quad (8)$$

Kurutma hızının hesaplanması

Kurutma hızı eşitlik 9 kullanılarak tüm örnekler için hesaplanmıştır (30). Bu eşitlikte, $\Delta M/\Delta t$; Kurutma hızı ($\text{kg su}/\text{kg k.m. dk}$), M; Belli bir "t" anındaki nem içeriği ($\text{kg su}/\text{kg k.m.}$) ve t, Δt ; Zamandır (dk).

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M_{t+\Delta t} - M}{\Delta t} \quad (9)$$

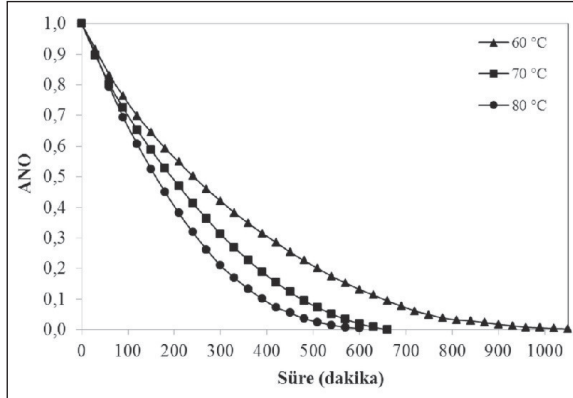
İstatistiksel analizler

Bulgularla ilgili istatistiksel analizler MINITAB 15.1.1.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sonucu, istatistiksel açıdan önemli bulunan değerler Tukey testi ile $P \leq 0.05$ önem derecesine göre belirlenmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Sıcak Hava ile Kurutma

Örneklerinin nem miktarları TK ile kurutma başlangıcında %91 (y.b.) iken, kurutma sonunda bu oran %5 (y.b.) olarak ölçülmüştür. Örneklerin ayrılabilir nem oranları (ANO) kurutma süresi ile azalmıştır (Şekil 1). Kurutma hızı, ANO değeri düştükçe azalmaktadır. Sabit hızda bir kuruma görülmemekte ve sıcaklık artışı kurutma hızını olumlu etkilemektedir (Şekil 2). Kurutma hızı düşük olan örneklerin, kurutma sürelerinin de uzun olması beklenen bir olgudur. Örnekler 60, 70 ve 80 °C'de sırasıyla 1050, 660 ve 600 dakikada kurumuşlardır. Kurutma sıcaklığı 60 °C'den 80 °C'ye artırıldığında kurutma süresinde %37 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Ancak, 70 °C ile 80 °C kurutma sıcaklıkları arasında sadece %9'luk bir süre kazanımı vardır. Bu bulgular



Şekil 1 TK ile kurutulan örneklerin ayrılabilir nem oranının (ANO) kurutma süresi ile değişimi

Figure 1 The change of moisture ratio (MR) of the TD dried samples with time

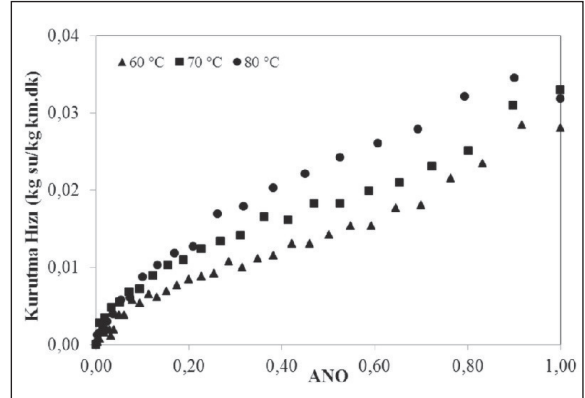
ışığında, örneklerin kurutma sıcaklığını 70 °C'den daha fazla arttırmanın (kurutma süresini çok etkilemediği için) ekonomik olmayacağı söylenebilir. Literatüre bakıldığında, 60-100 °C sıcaklık aralığında kurutulan domates örneklerinin 480-1200 dakika arasında değişen sürelerde kuruduğu görülmüştür. Bir çalışmada, sıcaklığın 60 °C'den 70 °C'ye çıkması ile kurutma süresi %30 azalırken, 70 °C'den 80 °C'ye çıkarılması süreyi sadece %14 oranında kısaltmıştır (31). Bu sonuçlar, bizim bulgularımızı destekler niteliktedir.

Her bir model için deneysel ve tahmini veriler kullanılarak RMSE, χ^2 ve R^2 değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde (Çizelge 2), 60 ve 70 °C için en yüksek R^2 ve en düşük RMSE ile χ^2 değeri, Logaritmik modelde saptanmıştır. 80 °C'de kurutulmuş örnekler için ise Wang&Sing modelinin en iyi uyumu gösterdiği söylenebilir.

Örneklerin efektif difüzyon katsayısı, artan sıcaklık ile yükselmiş ve $1.03-1.71 \times 10^{-9}$ m²/s aralığında değişmiştir (Çizelge 3). Bir çalışmada, domates püresinin efektif difüzyon katsayısının $7.77-9.14 \times 10^{-9}$ m²/s arasında, 16 mm kalınlığındaki yarım domatesin efektif difüzyon katsayısının ise $2.26-4.01 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değiştiği tespit edilmiştir (32). Organik domatesler ile yapılan diğer bir çalışmada efektif difüzyon katsayılarının $1.07-1.31 \times 10^{-9}$ m²/s

Çizelge 2 Kurutulmuş örnekler için kullanılan modellerin katsayıları
Table 2 Model coefficients of dried samples

Model	Kurutma Koşulu Drying Conditions	RMSE	χ^2	R^2	a	k	c veya n c or n	b
Logaritmik	60°C	0.00354	0.00001	0.99886	1.088	0.002584	-0.09098	-
Logaritmik	70°C	0.00452	0.00002	0.99940	1.200	0.002839	-0.20150	-
Wang&Sing	80°C	0.00076	0.00001	0.99943	-0.00361	-	-	0.000003304
Midilli	140 W	0.00507	0.00003	0.99953	1.006	0.0001456	1.461	0.000037710
Midilli	210 W	0.00119	0.00000	0.99851	0.9929	0.0035610	1.077	0.000024210
Midilli	280 W	0.00938	0.00018	0.99991	1.000	0.0028400	1.170	0.000035140



Şekil 2 TK ile kurutulan örneklerin kurutma hızının ANO ile değişimi

Figure 2 The change of drying rate of TD dried samples with MR

aralığında olduğunu bildirilmiştir (25). Aktivasyon enerjisi (E_A) ise, efektif difüzyon katsayılarının doğal logaritması ($\ln D_{eff}$), sıcaklığın tersine ($1/T$) karşı grafiğe geçirildiğinde elde edilen doğrunun eğiminden hesaplanmıştır. Bu çalışmada kiraz domatesi örneklerinin aktivasyon enerjisi 25.00 kJ/mol olarak bulunmuştur. Domates ile yapılan diğer çalışmalar için aktivasyon enerjisi 22.98 kJ/mol (31) ve 32.94 kJ/mol olarak rapor edilmiştir (20).

Kurutma öncesinde yaş örneklerin ($n=18$) ortalama L^* değerleri 38.61 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4). Kontrol örneği L^* değeri ile 60 °C'de kurutulan örneklerin L^* değeri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değil iken, 70 ve 80 °C'de kurutulan örneklerde parlaklık önemli derecede azalmıştır ($P<0.05$). Sıcaklık yükselişinin, üründe parlaklığı azalttığı ve görüntü kalitesi açısından olumsuz etki

Çizelge 3 Kurutulmuş örneklerin D_{eff} değerleri
Table 3 D_{eff} values of dried samples

Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	D_{eff} (m ² /s)
60°C	1.03×10^{-9}
70°C	1.37×10^{-9}
80°C	1.71×10^{-9}
140 W	5.22×10^{-9}
210 W	5.52×10^{-9}
280 W	7.56×10^{-9}

Çizelge 4 Kurutulmuş örneklerin renk değerleri
Table 4 Color values of dried samples

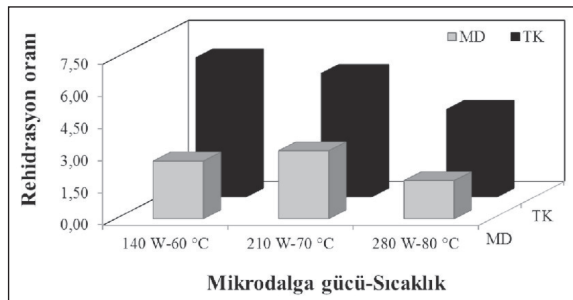
Kurutma Koşulları Drying Conditions	L*	a*	b*	a*/b*
Kontrol-TK Control-TD	38.61±0.66	18.38±1.76	22.25±1.65	0.83
60°C	39.18±1.73	27.95±3.78	32.64±1.88	0.86
70°C	36.05±2.78	28.85±3.34	30.73±1.69	0.94
80°C	31.30±0.84	30.23±1.42	28.02±2.13	1.08
Kontrol-MD Control-MW	38.07±0.65	22.55±0.40	21.44±1.93	1.05
140 W	35.72±0.96	24.50±1.66	21.75±1.26	1.13
210 W	34.16±1.38	22.84±1.95	23.20±1.46	0.98
280 W	37.60±1.63	21.63±0.92	23.69±0.88	0.91

yarattığı söylenebilir. Örneklerin kurutma öncesi ölçülen kırmızılık değeri (a*) 18.38 olarak ölçülmüş yapılan istatistiksel analizlere göre 60, 70 ve 80 °C'de ölçülen a* değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($P<0.05$). a*/b* oranının ise düşük olması renk kalitesinin iyi olduğu anlamına gelmektedir. Örneklerin a*/b* oranı sıcaklıkla birlikte artmış, kontrol ürününe en yakın değer 60 °C'de kurutulan örneklerde görülmüştür. Bir çalışmada, kurutulan organik domates örneklerinin L değerleri 33.80 ile 37.44, a değerini 23.54 ile 27.20 ve a/b oranını 1.49 ile 1.60 aralığında olduğunu rapor edilmiştir (25). Başka bir çalışmada, a*/b* oranının 1.0 ile 1.20 aralığında değiştiği ve en iyi renk değerlerinin 60 °C'de kurutulmuş ürünlerde olduğu bildirilmiştir (33).

Kuru örneklerin en yüksek ve en düşük rehidrasyon oranları sırasıyla 6.48 ve 4.07 g tutulan su/g kuru maddedir. En yüksek rehidrasyon oranı 60 °C'de kurutulan örneklerde görülmekte olup (Şekil 3), 80 °C'de ölçülen değerin, diğer iki sıcaklığa göre, istatistiksel olarak önemli ölçüde daha az olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Sıcaklık arttıkça rehidrasyon oranı azalmıştır. Literatürde, domates örnekleri farklı sıcaklıklarda (25, 40, 60 ve 80 °C) kurutulmuş ve rehidrasyon oranlarının sıcaklık arttıkça azaldığı belirtilmiştir (34). Bu bulgular, bizim sonucumuzu destekler niteliktedir.

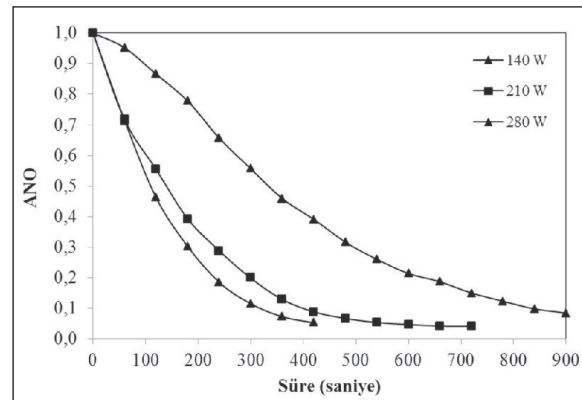
Mikrodalga ile Kurutma

Örneklerin MD ile kurutma öncesi nem miktarı ortalama %65 (y.b) iken kurutma sonrası ürünlerin nem miktarı %13 (y.b.) olarak ölçülmüştür. Ürünlerin



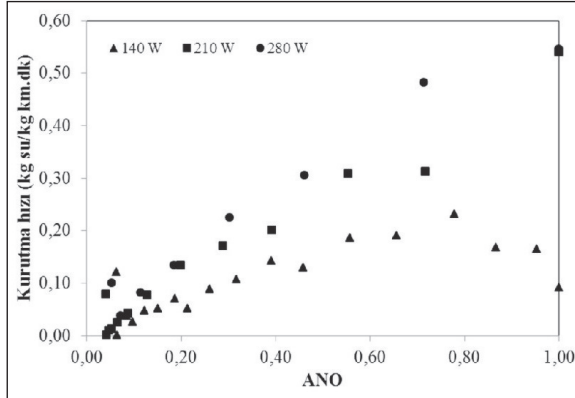
Şekil 3 TK ve MD ile kurutulan örneklerin rehidrasyon oranı
Figure 3 Rehydration rate of TD and MW dried samples

ANO değerlerinin zamanla değişimi şekil 4'de verilmiştir. Kurutma hızı grafiği incelendiğinde, (Şekil 5) MD gücünün kurutma hızı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Genel olarak kurutmanın azalan hız periyodunda gerçekleştiği söylenebilir. MD ile kurutulan örneklerin kurutma hızları, TK ile kurutulan örneklere oranla yaklaşık 10 kat daha fazladır. Bu bulgu, MD ile gıda ürünlerinin kurutulması üzerine etkisini göstermektedir. Örneklerin (artan MD gücü ile) kurutma süreleri sırasıyla 1020, 720 ve 420 saniyedir. MD gücünün 2 kat artırılması, kuruma süresini %59 oranında azaltmıştır. Domates ezmesinin MD ile 160-800 W güç arasında kurutulmasıyla elde edilen kurutma hızı verilerine göre MD gücü arttıkça kurutma hızının da arttığı rapor edilmiştir (35). Aynı çalışmada, MD gücünün 5 kat artırılması ile kurutma süresinin yaklaşık 2.5 kat azaldığı bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada da, domates dilimlerinin kurutma hızlarının MD gücüyle orantılı olarak arttığı bildirilmiştir (36). Aynı çalışmada, domates örneklerinin 90 W MD gücünde 100 dakikada kuruduğu, gücün 4 kat artırılması ile kurutma süresinin 6 dakikaya düştüğü rapor edilmiştir. TK ile örneklerinin ön-kurutması için harcanan süre 360 dakika olarak belirlenmiştir. Bu değere, MD ile nihai nem miktarına kadar geçen süre eklenerek



Şekil 4 MD ile kurutulan örneklerin ayrılabilir nem oranının (ANO) kurutma süresi ile değişimi

Figure 4 The change of moisture ratio (MR) of the MW dried samples with time



Şekil 5 MD ile kurutulan örneklerin kurutma hızının ANO ile değişimi

Figure 5 The change of drying rate of MW dried samples with MR

toplam kurutma süreleri hesaplanmıştır ve sadece TK kullanılarak gerçekleştirilen kurutmaya göre süreyi %37-39 oranında azalttığı görülmüştür. MD kurutma işleminin endüstriyel alanlarda da kullanılabilmesi ve düşük MD güçlerinde dahi kurutma süresinin büyük ölçüde azaltılabiliyor olması, MD ile kurutma sırasındaki enerji sarfiyatının minimumda tutulabileceğini göstermektedir.

Deneylerden elde edilen gerçek veriler ve modellerden elde edilen tahmini veriler kullanılarak R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri hesaplanmıştır ve sonuçlar irdelendiğinde (Çizelge 2), tek modelin deneysel verilere iyi uyum sağladığı tespit edilmiştir. Buna göre; MD ile kurutulan örnekler için, MD güçleri fark etmeksizin en iyi uyum gösteren model Midilli olarak saptanmıştır. Benzer olarak, domates ezmesinin MD ile kurutulduğu bir çalışmada, deneysel verilere en iyi uyum gösteren modelin Midilli olduğu görülmüştür (35).

MD ile kurutulmuş olan örneklerin efektif difüzyon katsayıları $5.22-7.56 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında olduğu bulunmuştur (Çizelge 3). TK ile karşılaştırıldığında, efektif difüzyon katsayılarının MD ile yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Efektif difüzyon katsayısı MD gücü arttıkça bir artış göstermiştir. Domates ezmesinin MD ile 160-800 W güçlerinde kurutulduğu bir çalışmada, efektif difüzyon katsayısı $1.14-6.09 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ aralığında değiştiği bildirilmiştir (35). Domates örneklerinin 210 ve 700 W güçlerinde kurutulduğu diğer bir çalışmada ise efektif difüzyon katsayılarının $5.16-11.11 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ aralığında değiştiği rapor edilmiştir (37). Efektif difüzyon katsayılarının doğal logaritması ($\ln(D_{\text{eff}})$), ürünün ağırlığının MD gücüne oranına (m/P) karşı grafiğe geçirildiğinde elde edilen doğrunun eğiminden ürünün aktivasyon

enerjisi (E_A) hesaplanmaktadır. Bu çalışmada kiraz domatesi örneklerinin aktivasyon enerjisi 15.3 W/g olarak bulunmuştur. MD içine koyulan örnekler $5-7.5 \text{ g}$ aralığındadır.

Kurutma öncesinde yaş örneklerin ($n=9$) ortalama L^* değerleri 38.07 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4). MD gücü artışı ile L^* değerlerinde çok önemli bir değişme görülmemiştir. Örneklerin kurutma öncesi ölçülen kırmızılık değeri (a^*) 22.55 olarak ölçülmüş ve bu değer kurutma işlemi sonrasında farklı MD güçleriyle önemli bir değişme göstermemiştir ($P>0.05$). a^*/b^* oranının ise düşük olması renk kalitesinin iyi olduğu anlamına gelmektedir. Örneklerin a^*/b^* oranında, MD gücü artışı ile birlikte istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir ($P>0.05$). Elde edilen bu bulgular, MD ile kurutulmuş örneklerin görüntü kalitesinin yaş örneğe çok yakın olduğunu göstermektedir. TK ile kurutulan örnekler ile kıyaslandığında, MD ile kurutulan örneklerin renk açısından daha kaliteli olduğu söylenebilir.

MD ile kurutulan örneklerin en yüksek ve en düşük rehidrasyon oranları sırasıyla 3.17 ve 1.77 g tutulan su miktarı/ g kuru madde'dir. Sonuçlar incelendiğinde (Şekil 3) en yüksek rehidrasyon oranı 210 W MD gücünde kurutulmuş örneklerde gözlemlenmiştir ($P<0.05$). TK ve MD ile kurutulan örneklerinin rehidrasyon oranları karşılaştırıldığında, TK ile kurutulan örneklerin yeniden su tutabilme özelliklerinin belirgin bir şekilde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. MD ile kuruyan örneklerin son ürünlerdeki nem miktarları TK ile kurulan örneklerden daha yüksek olduğu için, bu durumun rehidrasyon oranını düşürdüğü düşünülmektedir.

Sonuç olarak, MD kullanılması kurutma süresini yaklaşık %38 oranlarında azaltmıştır. Tüm ürünlerde efektif difüzyon katsayıları $10^{-9}-10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değiştiği ve MD ile kurutulan örneklerin D_{eff} değerleri, TK ile kurutulan örneklerden yaklaşık 10 kat daha yüksektir. MD ile kurutulan örneklerin renk kalitesi TK ile kurutulmuş örneklere kıyasla daha iyi olduğu bulunmuştur. Rehidrasyon oranları TK örneklerinde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kurutma süresi açısından değerlendirilirse, MD ile kurutmanın gıda endüstrisine büyük kazanç sağlayacağı çok açıktır.

Teşekkür

SigmaPlot 11.0 programı ile ilgili destek ve yardımlarından dolayı, Ankara Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Dr. Suna Ertunç'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. FAO. Gıda ve Tarım Örgütü, Domates üretim istatistikleri <http://www.fao.org/statistics/en/> (Erişim 17 Temmuz 2015).
2. Ulusal Gıda Kompozisyonları Veri Tabanı <http://http://www.turkomp.gov.tr/> (Erişim 17 Kasım 2015).
3. Ertekin C, Yaldiz O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *J Food Eng*, 63, 349-359.
4. Guo X, Xia C, Tan Y, Chen I, Ming J. 2014. Mathematical modeling and effect of various hot-air drying on mushroom (*Lentinus edodes*). *J Integr Agric*, 13, 207-216.
5. Esfahani JA, Majdi H, Barati E. 2014. Analytical two-dimensional analysis of the transport phenomena occurring during convective drying: Apple slices. *J Food Eng*, 123, 87-93.
6. Orikasa T, Koide S, Okamoto S, Imaizumi T, Muramatsu Y, Takeda J, Shiina T, Tagawa A. 2014. Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices. *J Food Eng*, 125, 51-58.
7. Schubert H, Regier M. 2005. *The Microwave Processing of Foods*. Woodhead Cambridge, UK.
8. Wang, J. and Xi, Y.S. 2005. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. *J Food Eng*, 68, 505-511.
9. Torringa E, Esveld E, Scheewe I, van den Berg R, Bartels P. 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *J Food Eng*, 49, 185-191.
10. Esehaghbeygi AA, Pirnazari K, Sadeghi M. 2014. Quality assessment of electrohydrodynamic & microwave dehydrated banana slices. *Food Sci Technol*, 55, 565-571.
11. Dak M, Pareek NK. 2014. Effective moisture diffusivity of pomegranate arils undergoing microwave-vacuum drying. *J Food Eng*, 122, 117-121.
12. Zarein M, Samadi SH, Ghobadian B. 2015. Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *J Saudi Society Agric Sci*, 14(1), 41-47.
13. Hunterlab. 2008. Hunter Versus CIE 1976 L*, a*, b*. Applications Note. 13(2), 4 pp.
14. Wang Z, Sun J, Chen F, Liao X, Hu X. 2007. Mathematical modeling on thin layer microwave drying of apple pomace and without hot air pre-drying. *J Food Eng*, 80, 536-544.
15. Dadalı G, Apar DK, Özbek B. 2007. Microwave Drying Kinetics of Okra. *Drying Technology*, 25, 917-924.
16. Ayensu A. 1997. Dehydration of Food Crops Using a Solar Dryer With Convective Heat Flow. *Solar Energy*, 59(4-6), 121-126.
17. Sarsavadiva P, Sawhney R, Pangavhane DR, Sing I. 1999. Drying Behaviour of Brined Onion Slices. *J Food Eng*, 40, 219-226.
18. Yıldız O, Ertekin C, Uzun HI. 2000. Çekirdeksiz Üzümün İnce Tabaka Halinde Güneş Enerji ile Kurutulmasının Matematiksel Modellemesi Üzerinde Bir Araştırma. 19. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı, Erzurum, 345-350 s.
19. Yıldız O, Ertekin C. 2001. Thin Layer Solar Drying of Some Vegetables. *Drying Technol*, 19, 583-597.
20. Doymaz I. 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *J Food Eng*, 79, 243-248.
21. Yağcıoğlu A, Değirmencioğlu A, Çağatay F. 1999. Drying Characteristics of Laurel Leaves Under Different Drying Condition. 7th Int. Congress on Agriculture Mechanization and Energy, pp. 565-569, Adana.
22. Madamba PS, Driscoll RH, Buckle KA. 1996. Thin Layer Drying Characteristics of Garlic Slices. *J Food Eng*, 29, 75-97.
23. Sharaf-Eldeen YI, Blaisdell JL, Hamdy MY. 1980. A model for Ear Corn. *Drying Technol ASAE*, 23, 1261-1271.
24. Wang CY, Sing RP. 1978. *A Single Layer Drying Equation for Rough Rice*. Am. Soc. Agr. Eng, St. Joseph, MI, 78, 3001.
25. Sacilik K, Keskin R, Elicin AK. 2006. Mathematical modeling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *J Food Eng*, 73, 231-238.
26. Verma LR, Bucklin JB, Endan F, Wratten T. 1985. Effects of Drying Air Parameters on Rice Drying Models. *Technol ASAE*, 28, 296-301.
27. Karathanos VT. 1999. Determination on Water Content of Dried Fruits by Drying Kinetics. *J Food Eng*, 39, 337-344.
28. Midilli A, Küçük H, Yapar Z. 2002. A New Model for Single-Layer Drying. *Drying Technol*, 20, 1503-1513.
29. Pangavhane DR, Sawhney PN, Sarsavadia PN. 1999. Effect of Various Dipping Pretreatments on Drying Kinetics of Thompson Seedless Grapes. *J Food Eng*, 39, 211-216.
30. Karaaslan SN. 2008. Sebze ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana, Türkiye, 195 s.

31. Demiray E, Tulek Y. 2012. Thin-layer drying of tomato (*Lycopersium esculentum* Mill. cv. Rio Grande) slices in a convective hot air dryer. *Heat Mass Transfer*, 48; pp. 841-847.
32. Giovanelli G, Zanoni B, Lavelli V, Nani R. 2002. Water Sorption, Drying and Antioxidant Properties of Dried Tomato Products. *J Food Eng*, 52, 135-141.
33. Muratore G, Rizzo V, Licciardello F, Maccarone E. 2008. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature and nutritional quality of the products. *Food Chem*, 111, 887-891.
34. Goula AM, Adamopoulos KG. 2009. Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying technol*, 27, 1078-1088.
35. Al-Harabsheh M, Al-Muhtaseb H, Magee TRA. 2009. Microwave Drying Kinetics of Tomato Pomace: Effect of Osmotic Dehydration. *Chem Eng Proces*, 48, 524-531.
36. Çelen S, Kahveci K. 2013. Microwave Drying Behaviour of Tomato Slices. *Czech J Food Sci*, 2, 132-138.
37. Arslan D, Özcan MM. 2011. Drying of tomato slices: changes in drying kinetics, mineral contents, antioxidant activity and color parameters. *CyTA-J Food*, 9, 229-236.

GEMLİK ZEYTİN ÇEŞİDİNDE FARKLI KLONLARA AİT ZEYTİNYAĞLARIN SAHİP OLDUĞU FONKSİYONEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLER İLE RAF ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

Yasin Özdemir^{1*}, Nesrin Aktepe Tangu², Hakan Yavaş³, Engin Güven¹

¹Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojileri Bölümü, Yalova

²Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Meyvecilik Bölümü, Yalova

³Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bursa

Geliş tarihi / *Received*: 26.11.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 12.01.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 27.02.2016

Özet

Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen Gemlik çeşidinde klonal seleksiyon projesinde diğer klonlara kıyasla G20/1 ve G20/7 klonlarının tarımsal özellikler açısından istenilen özelliklerde olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada aynı şartlar altında yetiştirilen G20/1 ve G20/7 klonlarına ve Gemlik çeşidine ait zeytinlerin olgunluk indeksleri ve zeytinyağların klorofil, DL-alfa-tokoferol, toplam polifenol, antioksidan aktivite, oksidatif stabilite ve duyusal analizleri 3 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. G20/7 klonuna ait zeytinyağının toplam fenolik madde içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin Gemlik zeytinyağından daha yüksek ancak G20/1 ve G20/7 klon zeytinyağlarının meyvensilik, acılık ve yakıcılık değerlerinin Gemlik zeytinyağından daha düşük olduğu belirlenmiştir. Zeytinyağlarının DL-alfa-tokoferol ve klorofil içeriği ve indüksiyon süresi arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir.

Anahtar kelimeler: G20/1, G20/7, Gemlik klonu, Gemlik çeşidi, zeytinyağı

FUNCTIONAL AND SENSORY PROPERTIES AND SHELF LIFE DETERMINATION OF OLIVE OIL OF DIFFERENT CLONES OF GEMLİK CULTIVAR

Abstract

Ataturk Central Horticultural Research Institute managed a clonal selection project on Gemlik cultivar and its result indicated that, G20/1 and G20/7 showed desired agronomic characteristics compared to other clones. In this research maturity index of olives and DL-alpha-tocopherol, chlorophyll and total polyphenol content and antioxidant activity, oxidative stability and sensory characters of olive oils of G20/1 and G20/7 clones and Gemlik cultivar which cultivated under same condition were determined during three years. Olive oil of G20/7 clone had higher total phenolic content and antioxidant activity than Gemlik olive oil but lesser fruity, bitterness and pungency value was determined in olive oils of G20/1 and G20/7 clones than that's of Gemlik. Statistically significant differences were not determined between DL-alpha-tocopherol and chlorophyll content and induction time of olive oils.

Keywords: G20/1, G20/7, Gemlik clone, Gemlik cultivar, olive oil

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ gidaciyasin@hotmail.com,

☎ (+90) 226 814 2520-1263,

☎ (+90) 226 814 1146

GİRİŞ

Zeytinin oldukça geniş bir çeşit popülasyonuna sahip olduğu ve bu çeşitlerin büyük çoğunluğunun rasgele tozlanarak çoğalan klonlardan oluşturduğu bildirilmiştir (1). Ayrıca önemli çeşit popülasyonları içerisinde en iyi klonun seçilmesi zeytin kültüründe önemli ilerlemelere olanak sağladığı belirtilmiştir (2, 3).

Klasik zeytin ıslah çalışmalarında klonal seleksiyon ve çaprazlama olmak üzere kullanılan iki yöntem bulunduğu bildirilmektedir (1). Çaprazlama ve çapraz melezleme yönteminde iki farklı çeşit veya tip ebeveyn olarak kullanıldığı ve bu ebeveynlerin bir birisi ile tozlaşması ile ebeveynlerden daha üstün özellikte melez yeni bireylerin elde edilmesi amaçlanmaktadır (4). Zeytinde klonal seleksiyon ise zeytin çeşidine ait belirli bir popülasyon içinden üstün nitelikli olarak seçilen tek bir bireyin sürekli eşeysiz çoğaltılması sonucu yeni bir popülasyon oluşturulması olarak tanımlanmaktadır (1, 5).

İtalya'da Perugia'da yapılan zeytin ıslah çalışmaları sonucunda soğuğa dayanıklı ve verimli bir klon olarak diğer klonlara kıyasla üstün özellikler gösteren I-77'nin meyve ve yağ özelliklerini (klorofil, toplam polifenol ve duysal değerleri) tespit etmişlerdir (6). Tunus'un hâkim zeytin çeşidi olan Chemlali Sfax'tan seçilmiş 31 adet klonun bazı yağ özellikleri, yağ asidi bileşenleri ve fenolik madde düzeyleri rapor edilmiştir (7). İspanya'nın önemli zeytin çeşitlerinden olan Arbequnia'dan elde edilen 6 adet klonda 1996-2003 yılları arasında 8 yıllık dönem süresince alınan yağ örneklerinin bazı analitik nitelikleri (UV ışıkta özgül soğurma, toplam polifenol, spektroskopik yakıcılık, oksidatif stabilite ve yağ asidi bileşenleri) ve duysal test değerleri tespit edilmiştir (8). Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde 1989 yılında Gemlik zeytin çeşidinde klonal seleksiyon projesine başlandığı ve projenin ilk aşamasında meyve verim, kalite ve periyodisiteye eğilim yönünden üstün özellik gösteren 23 adet tipin belirlendiği bildirilmiştir. Projenin ikinci aşamasında ise üstün özellikleri nedeniyle seçilen bu tipler aynı koşullarda yetiştirilerek farklılıkların kalıtsal olup olmadıkları araştırılmıştır (8, 9). Klonlar verim, periyodisite, et oranı (%) ve tane iriliği yönünden değiştirilmiş tartılı derecelendirme yöntemiyle değerlendirilmiş ve sonuçta G20/1 ve G20/7 klonları başta olmak üzere; sırasıyla O-12, G4/3, G20/3, G12/2 ve M2/3 klonlarının iyi özellik gösterdiği bildirilmiştir (3-8). Söz konusu proje kapsamında 23 klon içerisinde G20/1 ve G20/7 klonlarının ön plana çıktığı ve bu klonların tescil işleminin yapılması ve yaygınlaştırılması durumunda çiftçilerin kazancını artırma potansiyelinin olduğu belirtilmiştir (9, 10). Ancak yağ özellikleri hakkında bir çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmada G20/1 ve G20/7 klonlarına ait zeytinyağlarının beslenme fizyolojisi ve tüketiciler açısından önemli olan fonksiyonel ve duysal özellikleri ile raf ömürleri belirlenmiş, bu değerler aynı koşullarda yetiştirilen Gemlik zeytini ile karşılaştırılmış ve bu yağların 'Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'nde belirtilen duysal limitlere uygunlukları tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilecek veriler çeşit tescil ve sertifikasyon işlemlerinde de kullanılacaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

20/1 ve 20/7 Gemlik klonları ve standart Gemlik zeytin çeşidi meyvelerine ait yağlar araştırma materyalini oluşturmaktadır. 20/1 ve 20/7 Gemlik klonlarına ait çekirdek Bursa'nın Gemlik ilçesinden temin edilmiştir. Karşılaştırmak için enstitü Zeytin parselinde bulunan ve standart çeşit olarak tescil edilmiş Gemlik çeşidi kullanılmıştır. 20/1 ve 20/7 Gemlik klonları ve standart Gemlik zeytin çeşidi fidanların dikimi tesadüf parselleri deneme desenine göre 1990 yılında Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde kurulmuştur. Dikim mesafesi: 1.5 m x 3 m damlama yöntemiyle sulanmakta ve düzenli olarak bakımları yapılmaktadır. Zeytinler aynı şartlar altında ve aynı kültürel işlemler ile yetiştirilmişlerdir. Bu çalışmada zeytin hasat edildiğinde ağaçların yaşları 21 (2011), 22 (2012) ve 23 (2013)'tür. Gemlik şiddetli periyodisite göstermemesi, adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması, verime erken ulaşması, soğuğa ve hastalıklara karşı kısmen dirençli olması gibi tarımsal ve yüksek yağ içeriği ve sofralık kalite gibi teknolojik özelliklere sahip olması nedeniyle ülke zeytinciliğinde önemli bir yere sahiptir.

Metot

Zeytinlerin olgunlarının belirlenmesi ve hasat

Zeytinler 2011, 2012 ve 2013 yıllarında Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nün zeytin parselinden meyve kabuk ve et renginin baz alındığı olgunluk indeksi metoduna göre yaklaşık olarak 4. ve 5. olgunluk indeksinde hasat edilmiştir.

Zeytinlerin olgunluk düzeyleri, bir kilogram zeytin örneğinden rastgele alınan 100 adet zeytin meyvesi değerlendirilerek 8 olgunluk kategorisi ve olgunluk indeksi formülü kullanılarak aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (11).

$$\text{Olgunluk İndeksi} = (0 \times n_0) + (1 \times n_1) + (2 \times n_2) + \dots + (7 \times n_7) / 100 \text{ (adet zeytin)}$$

Burada: $n_0, n_1, n_2, \dots, n_7$ aşağıdaki 8 kategorinin her birine ait zeytin adedidir.

- 0: Kabuk rengi koyu yeşil olan zeytinler
- 1: Kabuk rengi sarı veya sarımsı yeşil (açık saman sarısı) olan zeytinler
- 2: Kabuk rengi kırmızımsı lekeli sarımsı olan zeytinler
- 3: Kabuk rengi kırmızımsı veya açık menekşe olan zeytinler
- 4: Kabuk rengi siyah veya meyve eti hala tamamıyla yeşil (beyaz) olan zeytinler
- 5: Kabuk rengi siyah ve meyve eti kalınlığının yarısına kadar menekşe (veya yarısından daha az menekşe) olan zeytinler
- 6: Kabuk rengi siyah ve meyve eti hemen hemen çekirdeğe kadar menekşe (veya meyve eti kalınlığının yarısından daha çok menekşe) olan zeytinler
- 7: Meyve etinde tam kararma gösteren veya kabuk rengi siyah ve meyve eti tamamıyla koyu renk olan zeytinler.

Zeytinyağının elde edilmesi

Zeytinler hasat edildikten sonra bekletilmeden yıkanmış, ardından hastalıklı ve zarar görmüş zeytinler ayıklanmıştır. Daha sonra zeytinler laboratuvar tipi kırıcı (100 devir/dakika) ve yoğurucuda (45 dakika) hamur haline getirildikten sonra hidrolik pres ile her parti 0.5 kg olacak şekilde preslenmiştir (250-300 kg/cm²). Presten çıkan sıvı faz ayırma hunisine konmuş ve su fazı uzaklaştırılmıştır. Alınan yağ santrifüj edilmiş ve en son olarak gözenek çapı 20 µm gözenek çapına sahip filtreden süzülerek hava boşluğu kalmayacak şekilde koyu renkli cam şişelere doldurulmuş, kalite analizleri yapıncaya kadar 4°C'de saklanmıştır. Zeytinyağı eldesi 17-18°C'deki ortamda gerçekleştirilmiştir. Zeytin örneklerinden yağ eldesi Şekil 1'de özetlenerek verilmiştir.

Klorofil Analizi

Toplam klorofil miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (12). Zeytinyağı örneği doğrudan kuvars küvetlere doldurularak spektrofotometrede karbon tetraklorüre karşı absorbans değerleri 630, 670 ve 710 nm'de ölçülmüş ve aşağıdaki formüle göre klorofil içeriği hesap edilmiştir.

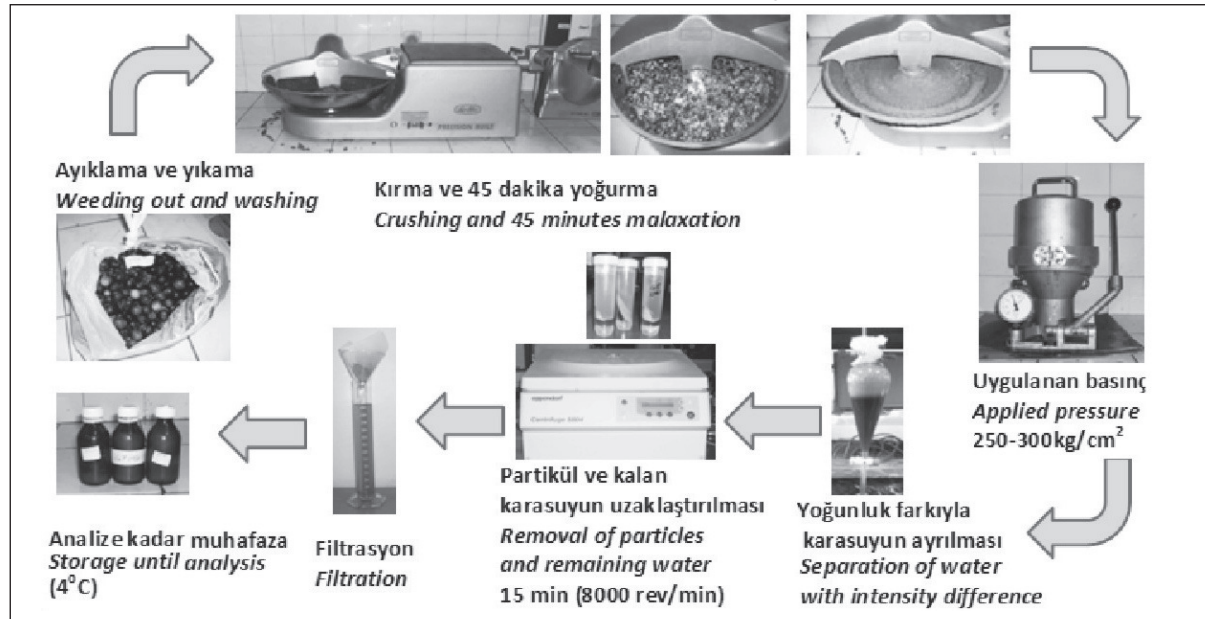
$$\text{Klorofil içeriği (mg /kg)} = [A_{670} - (A_{630} + A_{710}) / 2] / 0.901 L$$

A: Yağ örneğinin soğurma dalga boyu

L: küvetin uzunluğu 1 cm

DL-alfa-Tokoferol Analizi

DL-alfa-Tokoferol (E vitamini) analizi FAO 2000'e göre gerçekleştirilmiştir (13). 10 g örnek sabunlaştırma balonuna konmuş, üzerine 130 ml etanol ilave edilmiştir. Üzerine 150 mg askorbik asit ve 50 mg EDTA ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcı su banyosu düzeneğinde kaynatılmıştır. Kaynama başlar başlamaz 5 dakika sonra geri soğutucuda soğutulmuş ve 25 ml KOH solüsyonu (50 g/100 ml) ilave edilmiştir. Geri soğutucu çalışır durumda 25 dakika daha beklenilmiştir. Süre sonunda 20 ml su ile geri soğutucu durulanmıştır. Sabunlaşma işlemi yapılmış numune önce 250 ml su, 25 ml etanol, 100 ml petrol eteri ile yıkama yapılarak ayırma hunisi içerisine alınmıştır. 2 dakika kuvvetlice çalkalanmış ve fazların ayrılması için bekletilmiştir. Petrol eteri fazı başka bir ayırma hunisi içerisine alınmıştır. 2 kere 100 ml, 2 kere de 50 ml petrol eteri ile ekstraksiyon yapılmıştır. Ayırma hunisinde toplanmış olan ekstrakt 4 defa yıkanmış ve bazikliğin ortadan kalkması sağlanmıştır. Ardından 500 ml'lik balona alınmış, 50 ml petrol eteri ile ayırma hunisi yıkanmıştır. Balon içeriği 500 ml seviyesine tamamlanmıştır. İçerisinden 25 ml alınarak 40 °C'de rotary evaporatörde kurutulmuştur. Balon içeriği 25 ml metanol ile alınmıştır. 0.45



Şekil 1. Zeytin örneklerinden yağ elde edilmesi. Figure 1. Oil production from olive samples

mikronluk filtreden geçirilerek viyallere konmuş ve HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

Toplam Polifenol Analizi

2.5 gr zeytinyağı 5 ml hekzanda çözülmüş ve fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu 5ml metanol/su (60:40) (v:v) ilavesi ile iki dakika ağzı kapalı olarak çalkalanarak yapılmıştır. Hekzan ve metanol/su fazları birbirlerinden dakikada 3500 devirde 10 dakikada santrifüjleme ile ayrılmıştır. Metanollü fazdan 0.2 ml bir tüpün içine alınarak saf su ile 5 ml'ye tamamlanmış daha sonra 0.5 ml folin-ciocalteu çözeltisi ilave edilmiştir. Üç dakika sonra 1 ml sodyum karbonat çözeltisi (% 35 w/v) ilave edilerek, karışım saf su ile 10 ml'ye seyreltilmiştir. Çözeltinin absorbansı iki saat sonra kör çözeltiliye karşı 725 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçülmüştür. Standart çözeltili için 0.05 - 0.5 mg/ml arasında hazırlanan kafeik asit çözeltisi kullanılmıştır (14).

Antioksidan Aktivite Analizi

Numunelerin antioksidan aktiviteleri DPPH (1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu kullanılarak analiz edilmiştir. 3 g örnek alınarak 25 ml metanolla ekstrakte edilmiştir. Sıvı kısımdan 200 µl alınarak 0.1 mM DPPH solüsyonu eklenerek ve reaksiyona girmesi için oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. 520 nm de absorbansı 30 dakika süresince stabil oluncaya kadar her 5 dakikada bir okunmuştur. Ekstraktların DPPH antioksidan aktiviteleri askorbik asit eşdeğeri (AEAC) olarak 100 g başına mg olarak taze ağırlıkta ifade edilmiştir (15).

Oksidatif Stabilité (İndüksiyon Süresi) Analizi

Yağlar örneklerin oksidasyona karşı stabil kalabilme karakterleri AOCS Standard Metot (2013)'a göre 110, 120 ve 130 °C'de sıcaklıkta ransimat cihazı (Ransimat 743 Metrohm) kullanılarak yapılmıştır (16). Analiz sonucunda zeytinyağlarının indüksiyon periyotları ve cihaz tarafından hesap edilen raf ömürleri verilmiştir.

Duyusal Analiz

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (Tebliğ No: 2010/36)'nde belirtilen panel test yöntemine göre, TARİŞ Zeytin ve Zeytinyağı Tarım Sat. Koop. Birliği'nde panel başkanı ve 9 tadımcıdan oluşan panel grubu tarafından duyuusal analiz gerçekleştirilmiştir (17).

Deneme Planı ve İstatistiksel Analiz

Deneme planı 'Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre oluşturulmuş ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. 3 yıl boyunca örnek alınarak elde edilen verilere varyans analizi yapılarak örneklerin belirlenen özellikleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığına bakılmıştır. Örnek özellikleri arasında anlamlı bir fark bulunanlar çoklu karşılaştırma prosedürlerinden Fischer'in

LSD testi ile test edilerek değerlendirilmiştir. Anlamlılık değeri 0.05 olarak alınmıştır. Analizler SAS istatistik paket programının GLM prosedürü kullanılarak yapılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Zeytinlerin olgunluk seviyesi zeytinyağlarının özelliklerini önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Bu nedenle araştırmada hasat edilen zeytinlerin olgunluk indeksleri de hesaplanmış ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Toplam fenolik madde, DL-alfa-tokoferol ve klorofil içeriğinin zeytinyağların hem raf ömrünü hem de fonksiyonel özelliklerini etkilediği bildirilmiştir (18, 19). Zeytinyağların antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde, DL-alfa-tokoferol ve klorofil içeriği Çizelge 2'de verilmiştir.

Zeytinyağında toplam tokoferol bileşiminin, %95'ini α-tokoferol, geriye kalan %5'ini γ-tokoferol ve β-tokoferolün oluşturduğu bildirilmiştir (20).

Çizelge 1. Zeytinlerin hasat edildikleri olgunluk indeksi değerleri
Table 1. Harvested maturity index values of olives

Zeytin Olive	Hasat yılı Harvest year	Olgunluk indeksi Maturity index
20/1	1	4.6
	2	4.4
	3	4.1
	Ortalama Mean	4.4
20/7	1	4.3
	2	4.7
	3	4.3
	Ortalama Mean	4.4
Gemlik	1	4.5
	2	4.7
	3	4.4
	Ortalama Mean	4.5

Tokoferol içeriğinin yüksek kalitedeki zeytinyağlarında 300 mg/kg'a kadar çıkabildiği, düşük kalitedeki zeytinyağlarında ise tokoferol içeriğinin 5 mg/kg'a kadar düşebileceği bildirilmiştir (21). Tokoferol miktarı Ayvalık, Domat ve Gemlik çeşidi zeytinlere ait yağlarda sırayla 180.43, 125.56 ve 168.19 mg/kg olarak tespit edildiği bildirilmiştir (22). Araştırmada belirlenen DL-alfa-tokoferol miktarları Gümüşkesen 1999'un bildirdiği değer aralığında ancak Dağdelen 2008'in belirlediği değerlerin altında olduğu görülmüştür (21, 22).

Chemlali Sfax çeşidinden seçilmiş klonlarda toplam fenolik madde içeriği 50 mg/kg'ın altında olduğu bildirilmiştir (23). On iki farklı lokasyonda yetişen Edremit ve Memecik zeytinlerinden elde edilen yağların toplam fenolik madde içeriğinin 51.22- 151.71 mg kafeik asit/kg aralığında olduğu bildirilmiştir (24). Memecik çeşidi zeytinyağlarının toplam fenolik madde içeriğinin 2006/2007 hasat

sezonunda 106.9-171.3 mg kafeik asit/kg ve 2007/2008 hasat sezonunda ise 152.5-226.3 mg kafeik asit/kg eşdeğeri aralığında olduğu saptanmıştır (25). İspanyol ve İtalyan zeytinyağlarının toplam fenolik madde içeriklerinin 50-652 mg kafeik asit/kg aralığında olduğu bildirilmiştir (26-28). Nizip yağlık ve Kilis yağlık çeşitlerine ait yağların toplam fenolik madde içeriklerinin 187.75-235.33 ve 216.45-295.40 aralığında olduğu ve polifenoller yağın oksidatif stabilitesini arttırdığı ve duyuşsal özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (29).

Zeytincilik Araştırma Enstitüsü'nde yürütölen melezleme projesinde 11 melez zeytin ferdinden iki tanesi GM 19 (Gemlik X Memecik kombinasyonu) ve MG 5 (Memecik X Gemlik kombinasyonu) öne çıktığı ve bu mezellere ait yağlarına ait toplam fenolik madde içeriklerinin 451.38 ve 584.23 mg kafeik asit/kg olarak bildirilmiştir (30). Araştırmada belirlenen toplam fenolik madde miktarı içeriklerinin Manai ve ark. 2006 ile benzer ancak diğer araştırmacıların belirlediği sonuçlardan düşük olduğu tespit edilmiştir (23).

Gemlik çeşidine ait zeytinyağında antioksidan aktivite DPPH yöntemiyle 760 µM trolox/kg olarak belirtilmiştir (31). ABTS yöntemi kullanılarak yapılan benzer araştırmalarda zeytinyağlarındaki antioksidan aktivitenin 250-1790 µM Trolox/kg arasında deđiştđi bildirilmiştir (32, 33). Araştırmada belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin Pellegrini ve ark. 2003 ve Sevim 2011'in belirlediği değerler aralığında olduğu ve Kelebek ve ark. 2012'nin belirttiği değerden düşük olduğu tespit edilmiştir (31-33).

Spektrofotometrik metotla analiz edilen zeytinyağlarının klorofil içeriğinin 0.52-6.92 mg/kg aralığında olduğu bildirilmiştir (34). Beltran ve ark. 2005 Hojiblanca zeytin çeşidine ait olan

yağlarda klorofil içeriğini 0.5-49.8 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir (35). Ranalli ve ark. 2000, üç farklı bölgede yetiştirilen bir melez zeytin tipinden (I-77) elde edilen yağlarda klorofil içeriğinin 8.8-12.7 mg/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir (6). Araştırmada belirlenen klorofil miktarlarının literatürde belirlenen değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada yağların DL-alfa-tokoferol ve klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Ancak G20/7 zeytinine ait yağın toplam fenolik madde içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin Gemlik zeytinine ait yağdan istatistiksel olarak önemli farka sahip olduğu belirlenmiştir.

Zeytinyağının içeriğinde yüksek oranda bulunan antioksidan ve fenolik maddeler nedeniyle oksidasyona karşı oldukça kararlı olduğu bildirilmiştir (19, 24). Zeytinyağlarının 110, 120 ve 130 °C'de sıcaklıklardaki indüksiyon süreleri ve raf ömürleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Zeytinyağı örneklerinin oksidatif stabilitesinin ransimat cihazı (110 °C) ile ölçüldüğü bir çalışmada ortalama değerleri Ege Bölgesinde üretilen zeytinyağlar için 7.67 saat, Kapıdağ Yarımadası'nda üretilen zeytinyağlar için ise 10.67 saat olduğu bildirilmiştir (36). On iki farklı lokasyonda yetişen Edremit ve Memecik zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarının 120 °C'deki indüksiyon süreleri 4.34-9.08 saat aralığında olduğu tespit edilmiştir (24). Araştırmada ulaşılan sonuçların Dıraman 2015'in Ege Bölgesinde üretilen zeytinyağları için bulduğu değerler ile benzerlik gösterdiği ancak Kapıdağ Yarımadası'nda üretilen zeytinyağlarından daha düşük olduğu görölmüştür (36). Zeytinyağı örneklerinde oksidatif stabilite değerleri 8.77 saat (Hatay -Karışık yerel çeşitler)

Çizelge 2. Zeytinyağlarının antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde, DL-alfa-tokoferol ve klorofil miktarları
Table 2. Antioxidant activity and DL-alpha-tocopherol, chlorophyll, total phenol contents of olive oils

Zeytinyağı Olive oil	Hasat yılı Harvest year	DL-alfa-tokoferol DL-alpha-tocopherol (mg/kg)	Klorofil Chlorophyll (mg/kg)	Toplam fenol (mg gallik asit /kg) Total phenol (mg gallic acid/kg)	Antioksidan aktivite Antioxidant activity (µM trolox /kg)
20/1	1	101.26	0.44	29.96	490.13
	2	120.19	0.17	35.6	50.6
	3	92.16	0.2	36.4	53.7
	Ortalama Mean	104.11±6.51 ^a	0.27±0.15 ^a	33.99±3.51 ^b	498.14±20.87 ^b
20/7	1	106.03	0.51	42.03	535.45
	2	116.25	0.2	40.5	540.6
	3	115.64	0.25	41.3	539.6
	Ortalama Mean	112.64±5.73 ^a	0.32±0.17 ^a	41.28±0.77 ^a	558.55±32.73 ^a
Gemlik	1	116.55	0.32	37.5	515.6
	2	114.93	0.17	36	525.6
	3	120.31	0.2	35.9	550.8
	Ortalama Mean	117.26±2.76 ^a	0.23±0.08 ^a	36.47±0.90 ^b	520.67±18.14 ^b

Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak farkı ifade etmektedir ($P<0.05$).
Different letters in the same column refers to the statistical difference ($P<0.05$).

Çizelge 3. Zeytinyağlarının indüksiyon süreleri ve raf ömürleri
Table 3. Induction periods and shelf lives of olive oils

Zeytinyağı Olive oil	Hasat yılı Harvest year	110°C'de (h)	120°C'de (h)	130°C'de (h)	Raf ömrü (yıl) Shelf life (year)
20/1	1	7.85	4.30	2.15	1.16
	2	7.62	4.12	1.93	1.18
	3	7.93	4.22	1.70	1.22
	Ortalama Mean	7.80±0.16	4.21±0.09	1.93±0.23	1.19±0.03
20/7	1	8.28	4.36	2.35	1.20
	2	7.92	3.97	2.27	1.24
	3	8.60	4.09	1.70	1.31
	Ortalama Mean	8.27±0.34	4.14±0.20	2.11±0.35	1.25±0.05
Gemlik	1	8.28	4.34	2.55	1.61
	2	8.55	4.41	2.28	1.59
	3	8.22	4.20	2.08	1.66
	Ortalama Mean	8.35±0.18	4.32±0.11	2.30±0.24	1.62±0.04

– 26.35 saat (Urla – Erkence) arasında değiştiği (ransimat cihazında 110 °C'de) ve çeşitlere göre araştırma örneklerinde düşükten yükseğe doğru oksidatif stabilite değerlerinin Kilis yağlık <Uslu <Nizip Yağlık <Manzanilla <Gemlik< Ayvalık< Erkence olarak belirlendiği bildirilmiştir (37).

Araştırmada 120 °C'de belirlenen indüksiyon süreleri Karakuş 2008'in belirlediği değerlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (24). Araştırmada yağ örneklerinin indüksiyon süreleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Zeytinyağının diğer yağlara kıyasla fonksiyonel ve duyuşal özellikler bakımından son derece üstün özellikte olduğu ve bu üstünlüğün meyve bileşimindeki bazı bileşiklerin yağa geçmesinden ve rafınasyona tabi tutulmadan tüketilebilir olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (38). Melez zeytinlere ait yağların duyuşal analizi sonucunda elde edilen meyvemsilik, acılık ve yakıcılık değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Fenolik maddelerin zeytinyağlarının duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir (18). Zeytinin acı tadı, oleuropein glikozidi ve aglikonlarından geldiği ve fenol açısından zengin zeytin meyvelerinden elde edilen yağlar daha buruk ve daha acı tada sahip olduğu belirtilmiştir (39). Araştırmada 20/1 klonuna ait zeytinlerin yağlarının sahip olduğu toplam fenol miktarı daha yüksek olmasına rağmen duyuşal test sonucunda Gemlik zeytinlerine ait yağların acılık ve yakıcılık değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Zeytinyağların duyuşal özelliklerini değerlendirildiği melezleme ıslahının Memecik x Gemlik ve Gemlik x Memecik zeytin tiplerine ait seleksiyon çalışmasında meyvemsi özellik, diğer melez fertlere ve ebeveynlere göre MG5 (4.85) ve MG89 (4.6) nolu fertlerde daha belirgin algılandığı, buna karşılık acılık açısından MG5 (6.30) ve GM32 (5.4) nolu fertler öne çıktığı ve yakıcı özellik değerlendirildiğinde, MG5 (6.05) ve GM32 (6.0) nolu fertler ebeveyn

ve diğer melez fertlerden belirgin olarak farklılık gösterdiği bildirilmiştir (30).

2.5-3.5 arası 'Jean index' değerinde hasat edilen 'Nostrana di Brisighella' zeytin çeşidine ait yağların meyvemsilik, acılık ve yakıcılık değerleri 2-4, 2-3 ve 2-5 aralığında değiştiği belirtilmiştir (40). Romero ve ark. 2008 yürüttüğü klonal seleksiyon çalışmasında yağ örneklerinin duyuşal niteliklerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı ancak yıllara bağlı olarak etkilenebildiğini bildirmiştir (8). Ayrıca Klon 5 zeytinine ait yağın en yüksek ve Klon 28'e ait yağın en düşük meyvemsilik ve en yüksek yakıcılık karakterine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise meyvemsilik, acılık ve yakıcılık değerleri açısından G20/1 ve G20/7 zeytinlerine ait yağların Gemlik zeytinine ait yağdan istatistiksel olarak önemli farka sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak değerlendirilen 3 duyuşal karakter için de klon meyvelerine ait yağların Gemlik zeytinine ait yağın altında kaldığı belirlenmiştir. Araştırmada hiçbir zeytinyağı örneğinde kızışma/çamurlu tortu, küflü/rutubetli, şarabımsı, metalik veya ransid gibi bir kusur panelistler tarafından algılanmamıştır. Buna karşın zeytinyağı örneklerinin meyvemsilik değeri panelistler tarafından 2.90-4.02 aralığında belirlenmiştir. Bu değerler ile zeytinyağı örneklerinin 'Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'nde belirtilen değerlere (kusurların ortancası Md=0, meyvemsi özellik ortancası Mf>0) (41) göre natürel sızma zeytinyağı sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu araştırma ile önceki çalışmalarda tarımsal özellikler açısından tescil potansiyeline sahip olduğu bildirilen G20/1 ve G20/7 klonlarına ait zeytinyağların toplam fenolik madde, DL-alfa-tokoferol ve klorofil içeriği, antioksidan aktivitesi, oksidatif stabilitesi, raf ömrü ve duyuşal karakterleri belirlenmiştir. Bu bilgiler tescil ve sertifikasyon işlemlerinde kullanılacaktır. Klonlara ve Gemlik çeşidine ait zeytinyağlarının DL-alfa-tokoferol ve klorofil içeriği ve indüksiyon süresi arasında istatistiksel olarak önemli bir fark

Çizelge 4. Zeytinyağlarının duyu analizi değerleri
Table 4. Sensory characteristics of olive oils

Zeytinyağı Olive oil	Hasat yılı Harvest year	Meyvensilik Fruity	Acılık Bitterness	Yakıcılık Pungency
20/1	1	3.2	2.5	2.53
	2	3.4	2.16	2.23
	3	3.3	2.2	2.45
	Ortalama Mean	3.30±0.10 ^b	2.29±0.19 ^b	2.40±0.16 ^b
20/7	1	3.1	2	2.6
	2	2.9	1.94	2.87
	3	2.7	2.23	2.94
	Ortalama Mean	2.90±0.20 ^c	2.09±0.21 ^b	2.80±0.18 ^b
Gemlik	1	4.2	2.9	3.26
	2	4	3.11	3.74
	3	3.85	2.7	3.85
	Ortalama Mean	4.02±0.18 ^a	2.90±0.21 ^a	3.62±0.31 ^a

Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak farkı ifade etmektedir ($P<0.05$).
Different letters in the same column refers to the statistical difference ($P<0.05$).

tespit edilmemiştir. G20/7 klonuna ait zeytinyağının toplam fenolik madde içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin Gemlik çeşidine ait zeytinyağından daha yüksek ancak G20/1 ve G20/7 klonlarına ait zeytinyağlarının meyvemsilik, acılık ve yakıcılık karakterlerinin Gemlik çeşidine ait zeytinyağından daha düşük olduğu belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Araştırmada materyal olarak kullanılan zeytinlerin yetiştirmesini sağlayan ve çalışmanın yürütülmesine destek olan Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz (Proje No: TAGEM/HSGYAD/12/A05/P01/03).

KAYNAKLAR

- Bellini E, Giordani E, Rosati A. 2008. Genetic improvement of olive from clonal selection to cross-breeding programs. *Advances in Horticultural Science*, 22(2), 73-86.
- Gözel H, Aktuğ Tahtac S, Karada S, Yılmaz A, Gündoğdu O. 2011. Kilis yağlık ve Nizip yağlık zeytin çeşitlerinde klon seleksiyonu. Türkiye 6. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-8 Ekim, Şanlıurfa, Türkiye, 744-745.
- Kaynaş N, Yalçınkaya E, Sütçü AR, Fidan AE. 2000. Gemlik zeytininde klon seleksiyonu yoluyla alternans göstermeyen üstün özellikteki tiplerin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Türkiye 1. Zeytincilik Sempozyumu, 6-9 Haziran, Bursa, Türkiye, 90-94.
- Ranalli A, Lucera L, Contento S, Pannelli G, Alfei B. 2008. Evaluation of functional analytical fractions in extra virgin olive oils from four new genotypes. *Acta Horticulturae*, 791,705-712.
- Atay N, Atay E, Koyuncu F. 2010. Derleme-dünya elma ıslah programlarına genel bir bakış. *Bahçe*, 39(1), 31-44.

- Ranalli A, Modesti G, Patumi M, Fontanazza G. 2000. The compositional quality and sensory properties of virgin olive oil from a new olive cultivar - I-77. *Food Chem*, 69, 37-46.
- Grati Kamoun N, Ouazzani N, Trigui A. 2002. Characterizing isozymes of some Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Acta Horticulturae*, 586, 137-140.
- Romero A, Tous J, Diaz I. 2008. Virgin olive oil characteristics for selected clones from 'Arbequonia' variety. *Acta Horticulturae*, 791, 713-718.
- Kaynaş N, Yalçınkaya E, Sütçü AR, Fidan AE. 1998. *Gemlik zeytininde klonal seleksiyon*. (TAGEM/IY/96/06/05/002). Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler Yayın No: 111. Yalova, Türkiye, 27s.
- Özyiğit S, Akçay ME, Erenoğlu B, Baş M, Tosun İ, Aktepe Tangu N, Özdemir Eroğlu Z, Fidancı A, Doğan A, Gün A. 2007. Meyve genetik kaynakları muhafaza ve değerlendirme araştırma projesi. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yıllık 2006-2007, Yalova, Türkiye.
- Devarenne A. 2006. *Olive Oil Yield Factors Affecting Production*. Newsletter of Olive Oil Production and Evaluation. Vol:2 No:1, California, USA. 4 p.
- Kritsakis AK. 1998. *Composition of Olive Oil, Olive Oil From The Tree To The Table*. 2nd Edition, Food& Nutrition Press Inc. USA, 348 p.
- Anon 2000. FAO Commission Directive 2000/45/EC Of 6 July 2000 Establishing Community Methods Of Analysis For The Determination Of Vitamin A, Vitamin E And Tryptophan In Feedingstuffs.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc*, 58, 966-968.
- Usenik V, Fabric J, Stampar F. 2007. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus Avium* L.). *Food Chem*, 107, 185-192.

16. Anon 2013. AOCS Official Method Cd 12b-92. Revised 2013. Oil Stability Index (OSI).
17. Anon 2010. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (2010/36) 7 Ağustos 2010 tarih ve 27665 sayılı Resmi Gazete, Ankara
18. Kayahan M, Tekin A. 2006. *Zeytinyağı Üretim Teknolojisi*, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Kitaplar Serisi 15, Filiz Matbaacılık, Ankara, Türkiye, 198 s.
19. Kailis SG, Harris D. 2007. *Producing Table Olives*. Landlinks Pres, Australia. 216 p.
20. Boskou D. 2002. *Vegetable Oils in Food Technology*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 277 p.
21. Gümüskesen AS. 1999. *Bitkisel Yağ Teknolojisi*. Asya Tıp Yayıncılık, İzmir, Türkiye, 155 s.
22. Dağdelen A. 2008. Edremit (Balıkesir) körfezi çevresinde yaygın olarak yetiştirilen zeytin çeşitlerinin olgunlaşma sürecinde bazı fizikokimyasal özellikleri, yağ asidi kompozisyonu, tokoferol ve fenolik bileşik miktarlarının belirlenmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Balıkesir, Türkiye, 159 s.
23. Manai H, Haddada MF, Imen I, Trigui A, Daoud D, Zarrouk M. 2006. Variability in the composition of olive oil produced from hybrids obtained from by controlled crossbreeding. *Olivera*, 106, 17-23.
24. Karakuş M. 2008. Bazı zeytin çeşitlerinden elde edilen yağların oksidasyon stabiliteilerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 58 s.
25. İlyasoğlu H, Özçelik B. 2011. Memecik Zeytinyağlarının Biyokimyasal Karakterizasyonu. *GIDA* 36 (1):33-41.
26. Salvador MD, Aranda F, Fregapane G. 1998. Chemical composition of commercial cornicabra virgin olive oil from 1995/1996 and 1996/1997 crops. *J Am Oil Chem Soc*, 75, 1305-1311.
27. Stefanoudaki E, Kotsifaki F, Koutsaftakis A. 2000. Sensory and chemical profiles of three european olive varieties (*Olea Europa L*) an approach for the characterization and authentication of extracted olive oils. *J Sci Food Agric*, 80, 381-389.
28. Pardo JE, Cuesta MA, Alvarruiz A. 2007. Evaluation of potential and real quality of virgin olive from the designation of origin "Aceite Campo De Montiel" (Ciudad Real, Spain). *Food Chem*, 100, 977-984.
29. Yorulmaz A. 2009. Türk zeytinyağlarının fenolik, sterol ve trigliserit yapılarının belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 161 s.
30. Telli Karaman H, Dıraman H, Sefer F. 2010. Melezleme İle Elde Edilmiş Zeytin Çeşit Adaylarının Yağ Özelliklerinin Belirlenmesi, (TAGEM/GY/06/11/04/119). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Sonuç raporu, İzmir, Türkiye, 74 s.
31. Kelebek H, Kesen S, Sabbağ Ç, Selli S. 2012. Gemlik Zeytin Çeşidinden Elde Edilen Naturel Zeytinyağında Fenol Bileşiklerinin Ve Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi *GIDA* 37: 133-140.
32. Pellegrini N, Serafini M, Colombi B, Del Rio D, Salvatore S, Bianchi M. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J Nutr*, 133, 2812-2819.
33. Sevim D. 2011. Antioksidanlar ve zeytinyağı. *Zeytin Bilimi*, 1(1), 43-47.
34. Arucu D. 2013. Farklı yöre zeytinlerinden elde edilen naturel zeytinyağlarının duyu kalitesinin belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul, Türkiye. 142 s.
35. Beltran G, Aguilera MP, Del Rio C, Sanchez S, Marti Nez L. 2005. Influence of fruit ripening process on the naturel antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chem*, 89, 207-215.
36. Dıraman H, Sobucaovalı S, Yüksel F. 2015. Çeşitli Bölgelerde Üretilen Gemlik Çeşidi Naturel Zeytinyağlarında Oksidatif Stabilite ve Yağ Asidi Bileşenleri *GIDA* 40(2):1-8.
37. Dıraman H., Yüksel F. 2010. Doğu Akdeniz ve Ege Bölgeleri Natürel Zeytinyağlarında Oksidatif Stabilite ve Yağ Asidi Bileşenleri *Zeytin Bilimi* 1 (1):7-13.
38. Kara HH. 2011. Farklı hasat dönemlerinde ve günün belli saatlerinde toplanan zeytin çeşitlerinden elde edilen yağların uçucu aroma bileşenleri değişiminin araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 63 s.
39. Morales MT, Tsimidou M. 2000. *The Role of Volatile Compounds and Polyphenols in Olive Oil Sensory Quality in Handbook of Olive Oil Analysis and Properties*. Aspen Publication. Pp:393-458.
40. Rotondi A, Bendini A, Cerretani L, Mari M, Lercker G, Toschi TG. 2004. Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of Cv. Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil. *J. Agric. Food Chem*, 52(11), 3649-3654.
41. Anon 2014. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (2010/35)'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ (2014/54) Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 12 Aralık 2014 tarih ve 29203 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

VİŞNE SUYU KONSANTRESİ ANTİOKSİDANLARININ ÜRETİM VE DEPOLAMA SÜRESİNCE DEĞİŞİMLERİ

Aslıhan Demirdöven*, Elçin Erceyes, Özgür Erceyes

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, 60150, Tokat

Geliş tarihi / Received: 27.11.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 29.01.2016

Kabul tarihi / Accepted: 31.01.2016

Özet

Bu araştırmada, vişne suyu konsantresi üretim ve depolama sürecinin antioksidan maddeler üzerine etkileri incelenmiştir. Üç ayrı yöreden temin edilen vişneler kullanılarak iki ayrı üretim döneminde altı farklı vişne suyu konsantresi üretilmiştir. Çalışma süresince; toplam antosiyanin, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerindeki değişimler belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında endüstriyel ölçekli üretim hattının beş ayrı üretim noktasından örnekler alınarak vişne suyu konsantresi üretimindeki kalite değişimleri belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise çalışmanın ilk aşamasında üretilen vişne suyu konsantreleri 10 ay süreyle depolanarak iki ayda bir analize alınmıştır. Vişne suyu konsantrelerinin üretim ve depolama sonundaki toplam antosiyanin ve toplam fenolik madde içeriklerindeki kayıpların sıra ile %35-61, %0.8-16 oranında olduğu belirlenmiştir. Antioksidan kapasite değerlerindeki azalmalar ise FRAP yöntemi ile %8-40; TEAC yöntemi ile %8-23 arasında değişmektedir. Sonuç olarak; özellikle ısı işlemler sonunda ve depolamaya bağlı olarak vişne suyu konsantrelerinin üretim ve depolanmaları sırasında ürünün fonksiyonel özelliklerini belirleyen antioksidan maddelerde önemli kayıpların olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Vişne suyu konsantresi, üretim, depolama, antosiyanin, fenolik madde, antioksidan aktivite.

CHANGES in SOUR CHERRY JUICE CONCENTRATE ANTIOXIDANTS DURING PRODUCTION and STORAGE

Abstract

In this study, changes in antioxidant compounds of sour cherry juice concentrate during production and storage were investigated. Sour cherries were obtained from three different regions on two different production periods. As research material, 6 different concentrated sour cherry juice samples were used. And total anthocyanin, total phenolics, antioxidant capacity analyzes were performed. In the first step of the study, industrial-scale production lines used for sour cherry juice concentrate production; and samples were taken from five different process steps to determine quality changes. In the second step, same sour cherry juice concentrates which were produced in the first stage of the study were used as storage material. After productions, all sour cherry juice concentrates were stored for 10 months; and the analyses were performed in 2 months period. During production and storage periods of sour cherry juice concentrates losses were determined in total anthocyanins and total phenolic contents as 35-61%, 0.8-16%, respectively. And the reduction values of antioxidant capacities were observed 8-40% by FRAP method; 8-23% by TEAC method. The results suggested that functional properties decreased by heat treatment/storage; and antioxidant substances were significantly reduced in sour cherry juice concentrates.

Keywords: Sour cherry juice concentrate, production, storage, anthocyanin, phenolics, antioxidant capacity.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ aslihan.demirdoven@gop.edu.tr,

☎ (+90) 0356 252 1616/2895,

☎ (+90) 0356 252 1729

GİRİŞ

Çeşitli meyvelerin kısa süren üretim sezonlarında büyük miktarlarda işlenmesi ve bunların tüketici ambalajına doldurulmaları çok büyük dolun ve depolama tesisleri gerektirmektedir. Bu nedenle meyve suları ekonomik bir yöntemle konsantre edilerek kitle halinde muhafaza edilip depolanmakta ve pazar talebine bağlı olarak yıl boyunca ambalajlanabilmektedir. Meyve sularının üretimleri, konsantreye işlenmeleri ve depolanmaları sırasında ise besin içeriklerinin değiştiği saptanmıştır (1). Bununla beraber antioksidan maddelerce zengin gıdalarla yapılan çalışmalar: antioksidanlar gibi biyoaktif bileşenlerin, bitkisel faktörler, çevresel faktörler, taşıma ve depolama koşulları ile işleme yöntemi (ısıtma, ağartma, seperasyon, durultma ve maserasyon) gibi faktörlerden etkilendiğini göstermektedir (2). Özellikle bu bileşiklerin üretim ve depolama sırasında hızlıca form değiştirerek biyoyararlılıklarının azalması söz konusudur (3, 4). Bu nedenle gerek kalite ve gerekse sağlık açısından antioksidan bileşiklerin olabildiğince korunması gereklidir. Uygulanan proseslerden ve depolamadan başta antioksidan maddelerin etkilenme düzeylerinin ortaya konulması ile üretim ve depolama süresinin mikrobiyel güvenlik yanında bu bileşiklere bağlı olarak da belirlenmesi oldukça önemlidir. Antioksidanlar arasında yer alan antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan en önemli faktörse sıcaklıktır. Gerek ürünün işlenmesi gerekse de depolanması süresince uygulanan yüksek sıcaklık, antosiyaninlerde mutlaka parçalanmaya neden olmaktadır. Özellikle meyve bazlı ürünlerin ısıtılması ve depolanması sırasında sıcaklığın antosiyaninler üzerine olumsuz etkisi, yapılan birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Vişne suyu ve konsantrelerinde (5) proses sıcaklığındaki her 10°C'lik artış, antosiyaninlerin parçalanma hızını 1.3–2.8 kat artırırken, depolamada ise depolama sıcaklığındaki her 10°C artışın, antosiyaninlerin parçalanma hızını 2–3 misli artırdığını göstermektedir (6).

Literatürde vişne suyu ve konsantresinin materyal olarak kullanıldığı çalışmaların bir kısmı, vişne suyunun genel kimyasal bileşiminin belirlenmesine yönelikken (7) diğer bir kısmı vişnenin içerdiği antosiyaninlerin rengi ve stabilitesini konu almaktadır (8). Bir kısım yayın ise antosiyaninlerin renkten öte antioksidan aktiviteleri nedeni ile sağlıklı beslenme ve hastalıklardan korunma

açısından da önemli olduğunu göstermektedir (9). Bu olgu vişnenin fenolik bileşenleri ve özellikle antosiyaninleri konusundaki araştırma sayısında hızlı bir artışa yol açmıştır (10). Ancak literatürde vişne suyu konsantresinin endüstriyel ölçekli üretimlerindeki kalite değişimlerinin belirlendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısı ile vişne suyu konsantresi üreticilerine, üretim ve depolama aşamalarında gerekli önlemlerin alınması; tüketicilere ise fonksiyonel özellikleri yüksek vişne suyu tüketimine yönelik kapsamlı verilerin elde edilmesi önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında ülkemizde yaygın olarak üretimi yapılan vişne suyu konsantresinin üretim ve depolama sürecinde antioksidan bileşiklerdeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışma kapsamında Tokat (Kazova), Amasya ve Ankara (Çubuk) illerinden temin edilen vişneler kullanılmıştır.

Yöntem

Vişne Konsantresi Üretimi

Vişne suyu konsantresi üretimleri vişne suyu konsantresi üretim hattına sahip bir meyve suyu fabrikasında endüstriyel üretim hattı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve işletmenin kullandığı üretim ve depolama koşullarına sadık kalınmıştır. Vişneler yıkama, ayıklama, sap uzaklaştırma ve parçalama aşamalarından geçirilerek mayşe elde edilmiştir. Elde edilen mayşe, 50 °C'de bir ön ısıtmaya tabi tutulmuş ve depolama tankına alınarak mayşe enzimasyonu amacıyla 20 mL/ton pektinaz enzimi ilave edilerek (Rapidaseintense DSM) 1 saat bekletmenin ardından, yatay pistonlu pres (Bucher, Fransa) kullanılarak 190 Bar basınçta preslenmiştir. Elde edilen bulanık vişne suyu 90-95 °C'ye ısıtılarak aroma tutucudan (döner konik kolon aroma tutucu) geçirilerek aroması ayrılmıştır. Daha sonra 50-55 °C'ye soğutularak durultma tanklarına alınmış ve pektolitik enzim (20mL/ton, Rapidaseintense DSM) ilavesi ile depektinizasyon yapılmıştır. Berraklaştırma aşamasında ise ön denemelerle dozları saptanmış durultma yardımcı maddeleri; jelatin (300 g/ton), bentonit (1 kg/ton) ve kiselsol (550 g/ton), enzimatik durultma işleminden 2.5-3 saat sonra ilave edilerek, bulanıklık yapan unsurlar çöktürülmüş ve üstte kalan berrak kısım filtre

edilmiştir. Durultulmuş ve kısmen berraklaştırılmış vişne suyu, filtre yardımcı maddesi (perlit) sarılmış tambur filtreden (Padovan, İtalya) geçirilerek berraklaştırılmıştır. Kristal berraklıkta vişne suyu üretimi amacıyla tambur filtreden çıkan meyve suyu son filtrasyon için kizelgur filtreden (dikey tanklı-yatay elekli kizelgur filtre-Padovan, İtalya) geçirilmiştir. Elde edilen berrak vişne suyunun konsantrasyonu üç aşamalı düşen film evaporatörde (55-60 °C, vakum basıncı-660 mmHg) yapılmıştır. Son briks (65 Briks) değerine ulaşmış olan konsantre 5 °C'ye soğutulmuş +1(±1) °C'de depolanmıştır.

Yukarıda söz edilen üretim basamaklarından vişne suyu ve konsantresinin kalitesini etkileyeceği düşünülen 5 ayrı üretim basamağı çıkışından (1-Pres; 2-Aroma tutucu; 3-Durultma; 4-Son filtrasyon ve 5-Evaporatör) ve iki ayrı üretim döneminde (Çizelge 1'e uygun olarak, sezon başlangıcı ve sonunda) örnekleme yapılmış ve elde edilen vişne suyu örnekleri analiz yöntemleri başlığında belirtilen yöntemlerle analiz edilerek antioksidan maddelerdeki değişim belirlenmiştir.

Çizelge 1. Vişne suyu ve konsantresi üretim ve örnekleme tarihleri
Table 1. Production and sampling dates of sour cherry juice and concentrates

Örnek Kodu (Sample Code)	Menşei (Origin)	Üretim Tarihi (Production Date)
Tokat-1	Tokat-Kazova	26.06.2012
Tokat-2	Tokat-Kazova	03.07.2012
Amasya-1	Amasya	26.06.2012
Amasya-2	Amasya	10.07.2012
Ankara-1	Ankara-Çubuk	15.07.2012
Ankara-2	Ankara-Çubuk	23.07.2012

Ayrıca üretilen vişne suyu konsantreleri 10 ay süreyle depolanmış ve depolanan konsantrelerden her iki ayda bir örnekler alınarak kalite değişimleri belirlenmiştir. Analizler öncesinde tüm konsantreler vişne suyunun doğal briks derecesi olan 13.5'a seyreltilmiştir. Tüm analizler 2 paralel ve 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Analiz Yöntemleri

Vişne suyu konsantrelerinin üretim ve depolama aşamalarındaki biyoaktif bileşenlerdeki değişimlerin belirlenmesi amacı ile toplam antosiyanin, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (FRAP ve TEAC) değerleri belirlenmiştir. Toplam antosiyanin içeriği, Fuleki ve Francis (1968) tarafından geliştirilmiş bulunan pH-differansiyel metoduna göre yapılmıştır (11). Toplam fenolik madde içerikleri, Singleton ve Rossi (1965) tarafından verilen spektrofotometrik

yönteme uygun şekilde yürütülmüştür (12). FRAP yöntemiyle antioksidan kapasite tayini, Benzie ve Strain (1996), tarafından belirtilen yönteme göre (13), TEAC yöntemiyle antioksidan kapasite ise Re ve ark., (1999) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir (14).

İstatistiksel Değerlendirme

Üretim ve depolama aşamalarına ait istatistiksel değerlendirmeler "Şansa bağlı tesadüf parselleri" deneme desenine göre, uygulamalara ait farklılıklar ise Duncan testi ile %95 güven aralığında değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 13 paket programı kullanılarak yürütülmüştür.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Vişne Suyu Konsantresi Üretiminde Antioksidan Maddelerdeki Değişim

Toplam antosiyanin, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerine ait analiz sonuçları üretim basamaklarını kapsayacak şekilde Çizelge 2'de verilmiştir. Genel olarak tüm örnek gruplarındaki presleme sonrası antosiyanin içerikleri dikkate alındığında belirlenen farklılıkların yöre, çeşit ve işleme dönemindeki farklılardan kaynaklandığı görülmektedir.

Tokat-1 grubu örneğin pres çıkışı ve konsantreye işlenmesi sonrasında antosiyanin içerikleri karşılaştırıldıklarında toplam antosiyanin içeriğinde %31.57; Tokat-2 grubunda ise %37.22 kayıp belirlenmiştir. Amasya-1 ve Amasya-2 örneklerinde sırasıyla %20.01 ve %22.65; Ankara-1 ve Ankara-2 örneklerinde ise sırasıyla %40.38 ile %50.11 olarak saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, vişne suyu konsantresi üretiminde uygulanan hemen hemen tüm işlemlerin antosiyanin kayıplarına neden olduğunu göstermektedir. Antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan en önemli faktör, sıcaklıktır. Antosiyaninler bitkilerde genellikle glikozid olarak, yani şekerlere bağlı halde bulunurlar. Bu bileşikler ısıya karşı dayanıklı değildirler ve ısı uygulamaları sırasında büyük oranda parçalanırlar. Özellikle ısı işlem uygulamalarını içeren işlem basamakları antosiyanin kayıplarını arttırmıştır. Benzer sonuçlar siyah havuç suyuna uygulanan ısı işlemler sonrasında da belirlenmiştir (15). Pastörizasyon sonunda antosiyanin miktarının; nar suyunda %8-14 (6), yaban mersini suyunda %25-35 (16), Muscadin üzümü suyunda %12-15 (17) düzeyinde azaldığı

saptanmıştır. Ayrıca durultma aşaması olarak tanımlanan depektinizasyon ve berraklaştırma işlemleri sırasında da benzer kayıplar görülmektedir. Antosiyanince zengin meyve sularının durultulmalarında da benzer kayıpları içeren sonuçlar literatürde geçmektedir (18).

Toplam fenolik madde içeriklerine ait analiz sonuçları incelendiğinde, Tokat-1 kodlu örneklerde işleme sırasında %11.27 toplam fenolik madde kaybı tespit edilmiştir. Üretim basamaklarından durultma çıkışı (3), son filtrasyon çıkışı (4) ve evaporatör çıkışı (5) aşamalarında toplam fenolik içerikleri arasında ve aroma tutucu (2) ve son

filtrasyon çıkışı (4) basamakları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Tokat-2 örneğinde toplam fenolik madde kaybı %6.36 olarak belirlenmiştir. Amasya-1 ve Amasya-2 örneklerindeki kayıplar ise sırasıyla %7.82 ve %3.85, Ankara-1 ve Ankara-2 örneklerindeki kayıp ise sırasıyla %2.84 ve %3.64 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen toplam fenolik madde içeriğine ait sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde vişne suyu konsantresi üretiminde uygulanan tüm işlemlerin fenolik madde içeriğinde bir miktar azalmaya neden olduğu görülmektedir. Literatürde benzer kayıplar farklı araştırmacılar tarafından da

Çizelge 2. Vişne suyu konsantresi üretiminde antioksidan bileşiklerdeki değişimler*
Table 2. Changes in antioxidant compounds during production of sour cherry juice concentrates

Örnek (Sample)	Aşama** (Stage**)	Toplam Antosiyanin, (Total anthocyanins) mg/L	Toplam Fenolik Madde, (Total phenolics) mg/L	Antioksidan Kapasite (Antioxidant capacity)	
				FRAP, µmol Troloks/mL	TEAC, mM Troloks/mL
TOKAT-1	1	143.07±7.67 ^d	855.75±19.86 ^c	26.19±0.48 ^b	115.38±0.02 ^d
	2	132.75±4.77 ^c	784±8.63 ^b	30.47±0.07 ^c	115.34±0.79 ^d
	3	105.95±4.74 ^b	766.44±4.78 ^a	19.37±0.06 ^a	98.19±0.44 ^c
	4	106.5±0.54 ^b	769.06±0.00 ^{ab}	16.89±1.15 ^a	93±0.60 ^b
	5	97.9±2.96 ^a	759.34±6.03 ^a	26.35±1.91 ^b	74.76±0.00 ^a
TOKAT-2	1	204.87±0.23 ^a	822.87±4.39 ^b	30.51±1.04 ^c	88.72±0.41 ^a
	2	162.13±0.27 ^c	863.97±8.67 ^c	30.1±0.06 ^c	112.07±0.66 ^c
	3	169.37±2.36 ^d	771.67±8.31 ^a	22.21±0.65 ^a	95.02±0.30 ^b
	4	142.24±0.43 ^b	770.17±3.93 ^a	30.29±0.85 ^c	87.91±0.51 ^a
	5	128.62±1.08 ^a	770.55±3.65 ^a	24.26±0.12 ^b	95.44±1.60 ^b
AMASYA-1	1	116.82±4.84 ^d	836.69±66.04 ^a	20.34±0.62 ^b	120.68±0.78 ^c
	2	113.8±2.42 ^{bc}	841.93±47.05 ^a	27.89±0.69 ^c	105.92±0.73 ^a
	3	110.92±2.10 ^b	840.8±75.95 ^a	21.85±0.85 ^b	111.81±1.43 ^b
	4	109.76±0.71 ^b	769.06±3.45 ^a	16.82±0.43 ^a	133.83±4.17 ^d
	5	93.44±0.83 ^a	771.3±1.92 ^a	21.32±0.54 ^b	111.38±1.61 ^{ab}
AMASYA-2	1	202.04±0.88 ^e	825.86±5.31 ^d	32.7±1.48 ^d	164.14±0.23 ^d
	2	199.76±0.23 ^d	807.55±8.74 ^c	23.27±1.85 ^{bc}	154.35±1.36 ^c
	3	187.54±0.75 ^c	803.43±10.4 ^{ab}	20.3±0.04 ^b	163.88±0.25 ^d
	4	173.79±0.66 ^b	793.72±4.48 ^a	13.37±1.15 ^a	129.9±1.47 ^a
	5	156.27±0.48 ^a	794.09±2.24 ^a	24.49±1.96 ^c	149.88±1.08 ^b
ANKARA-1	1	226.81±9.39 ^d	790.36±7.35 ^c	33.58±0.53 ^c	169.17±1.55 ^b
	2	176.02±1.20 ^c	779.14±3.08 ^b	24.73±0.24 ^b	174.69±0.67 ^c
	3	161.85±1.66 ^b	774.66±3.08 ^b	21.365±1.4 ^a	158.78±1.75 ^a
	4	157.01±4.56 ^b	775.04±3.45 ^b	25.85±1.29 ^b	172.06±0.08 ^{bc}
	5	135.22±0.53 ^a	767.93±1.43 ^a	23.68±0.04 ^{ab}	154.39±1.42 ^a
ANKARA-2	1	193.26±0.53 ^e	801.57±5.64 ^d	34.68±0.28 ^c	191.99±2.38 ^d
	2	147.54±4.23 ^d	795.59±2.24 ^c	26.9±1.44 ^b	130.93±1.01 ^b
	3	113.24±1.03 ^b	770.92±3.08 ^a	22.605±0.8 ^a	110.96±0.55 ^a
	4	128.34±0.86 ^c	782.51±1.72 ^b	26.31±1.85 ^{ab}	148.92±5.09 ^c
	5	96.42±1.45 ^a	772.42±0.74 ^a	23.09±1.87 ^a	104.82±0.65 ^a

*^{a,b} harfleri her bir sütundaki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalaması±SD olarak gösterilmiştir ($P<0.05$).

*^{a,b} different lower case letter in the same column for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD ($P < 0.05$).

**1-pres çıkışı; 2- pastörizasyon+aroma tutucu çıkışı;3-durultma sonrası;4-Son filtrasyon sonrası;5- evaporatör çıkışını ifade etmektedir.

**The meanings of numbers: 1-press output; 2- after pasteurization+aroma recovery; 3-after clarification; 4- after final filtration; 5- end product of concentrate.

belirlenmiştir. Khandare ve ark., (2011) kara havuç suyu üretiminde presleme öncesi pektinaz enzimi miktarındaki artışın fenolik madde içeriğindeki kayıpları arttırdığını belirtmişlerdir (18). Yaban mersininden meyve suyu üretimindeki kalite değişimlerinin belirlendiği çalışmada ise toplam fenolik madde içeriği mayşede 833.3 mg/L, presleme sonrasında 166.7 mg/L ve filtrasyon sonunda 110.3 mg/L olarak belirlenmiştir (19). Ayrıca nar sularında durultma sonucunda fenolik bileşiklerde %23-38 oranlarında azalma, pastörizasyon sonunda toplam fenolik maddelerde %17 artış, konsantrasyon sonunda ise durultulmamış nar sularında durultulmuş nar sularına kıyasla %32 daha fazla fenolik madde saptanmıştır (20). Çilek suyu üretiminde ise toplam fenolik madde içeriğinde pastörizasyon %27, mayşe enzimasyonu ise %30 azalmaya neden olmuştur (21).

FRAP metodu ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri incelendiğinde, Tokat-1 kodlu örneklerinin pres çıkışı antioksidan kapasite değeri 26.19 µmol Troloks/mL iken konsantrasyon sonrası 26.35 µmol Troloks/mL olarak belirlenmiştir. Tokat-1 örneklerinin 1, 5 ile 3, 4 basamakları arasında belirlenen fark istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Tokat-2 örneklerinin vişne konsantresine işlenmesi sırasında %20.49 antioksidan kapasitede kayıp belirlenmiştir. Amasya-1 örneklerinde ise pres çıkışı (1), durultma sonrası (3) ve evaporatör çıkışı (5) arasındaki istatistiksel bir fark yoktur ($P>0.05$). Amasya-2, Ankara-1 ve Ankara-2 örneklerindeki antioksidan bileşiklerindeki kayıpları sırası ile %25.11; %29.48 ve %33.42 olarak belirlenmiştir. TEAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri FRAP metodu ile belirlenen sonuçları destekler niteliktedir. Antioksidan kapasite değerlerine ait tüm sonuçlar incelendiğinde vişne suyu konsantresi üretim

basamaklarının antioksidan kapasitede az ya da çok kayba neden olduğu belirlenmiştir.

Literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı meyvelerin meyve suyuna ve konsantresine işlenmeleri sırasında antioksidan kapasitelerinde azalma olduğunu ifade ederken bir kısmı da önemli değişimlerin belirlenemediğini ifade etmektedir. Örneğin vişne suyu üretimi sırasında biyoaktif bileşenlerin ve antioksidan kapasitenin önemli ölçüde korunduğu sonucuna varılmıştır (22). Khandare ve ark., (2011) ise kara havuçta presleme öncesi pektinaz enzimi uygulamasının antioksidan kapasitesi üzerine etkileri araştırıldığında ise 0.2 mL/kg enzim kullanımının antioksidan kapasitesi değerini %30 arttırdığını ancak, 0.25 mL/kg enzim kullanımının azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir (18). Literatüre benzer antioksidan kapasite kayıpları çalışmada da saptanmıştır. Ayrıca vişne suyunun antioksidan özelliklerini oluşturan antosiyanin ve fenolik madde içeriklerinde de kayıpların belirlenmesi doğal olarak antioksidan kapasite değerlerinde de azalmaya neden olmuştur.

Vişne Suyu Konsantresinin Depolanmasında Antioksidan Maddelerdeki Değişim

Genel olarak değerlendirildiğinde vişne suyu konsantrelerinin depolanmaları sırasında tüm yöre ve üretim dönemleri dahil olmak üzere antosiyanin içeriklerinde önemli kayıplar olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Antosiyanin içeriklerindeki değişimler; Tokat-2 grubu örneklerde 8 ve 10. aylar arasında; Amasya-1 örnek grubunda ise 4-10. aylar arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Diğer tüm örnek gruplarında ise antosiyanin içeriğindeki değişim tüm aylarda önemli olarak değerlendirilmiştir ($P\leq 0.05$).

Depolama sonunda antosiyanin içeriklerindeki kayıplar üretimin birinci basamağı (pres çıkışı) ile kıyaslandığında, Tokat-1 ve Tokat-2 örneklerinde

Çizelge 3. Depolama boyunca vişne suyu konsantresindeki antosiyanin miktarı değişimi (mg/L) *
Table 3. Changes in anthocyanins during storage of sour cherry juice concentrates

Örnek (Sample)	0. ay 0. month	2. ay 2. month	4. ay 4. month	6. ay 6. month	8. ay 8. month	10. ay 10. month
TOKAT -1	97.9±2.96 ^d	90.5±0.42 ^c	76.7±0.53 ^b	76.4±0.48 ^b	76.9±0.10 ^b	66.±0.38 ^a
TOKAT -2	128.6±1.0 ^e	109.1±0.7 ^d	86.9±0.18 ^c	84.8±0.54 ^b	79.2±0.85 ^a	79.3±0.44 ^a
AMASYA-1	93.5±0.83 ^c	85±3.62 ^b	76.6±0.74 ^a	76.4±1.34 ^a	74.6±0.09 ^a	75.3±0.83 ^a
AMASYA-2	156.3±0.48 ^f	129.1±3.0 ^e	111.9±0.3 ^d	104.4±0.3 ^c	102.3±0.2 ^b	97.6±1.22 ^a
ANKARA-1	135.2±0.53 ^f	122.7±0.6 ^e	104.6±0.2 ^d	102.1±0.9 ^c	100.1±0.6 ^b	91.6±0.15 ^a
ANKARA-2	96.4±1.45 ^f	94.2±0.31 ^e	92.6±0.21 ^d	87.1±0.71 ^c	84.2±0.45 ^b	81.8±0.38 ^a

*^{a,b} harfleri her bir satırdaki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir ($P\leq 0.05$).

*^{a,b} different lower case letter in the same line for each treatment indicates significant differences and results shown as means± SD ($P<0.05$).

sırasıyla %33 ve %38; Amasya grubu örneklerde %19 (Amasya-1), %38 (Amasya-2); Ankara-1 örneğindeki %32, Ankara-2 örneklerinde ise %15 antosiyanin kaybı olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre depolama sonunda en az antosiyanin kaybının Ankara-2 grubu örneklerinde olduğu saptanmıştır. Vişne suyu konsantrelerinin üretimleri sezon itibari ile sırasıyla Tokat, Amasya ve Ankara olmak üzere yapılmıştır. Dolayısı ile Ankara bölgesinden temin edilen vişneler Temmuz ayının sonlarına rastlamaktadır. Bu da meyvenin olgunluğu açısından önemlidir. Literatürde meyve suyu ve konsantrelerinin depolanmasında antosiyanin kayıplarının ele alındığı çalışmalarda benzer kayıpların olduğu görülmektedir (6,8). Bu kayıpların sıcaklık ve depolama süresi gibi birçok faktörden kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Toplam fenolik madde içeriklerinin depolama süresince değişimleri incelendiğinde (Çizelge 4) depolama başlangıcında en yüksek toplam fenolik madde içeriği Amasya-2 grubu örneklerde tespit edilmiştir. Tüm örneklerin 8. ay sonundaki fenolik madde değerlerinde artış söz konusu iken 10. ay sonunda azalma görülmüştür. Vişne suyunun 29 gün buzdolabı koşullarında depolanması

sonucunda toplam fenolik madde içeriğinde %18 kayıp saptanmıştır (23). Ayrıca literatürde, 20 °C' de depolanan vişne sularının polifenol miktarında önemli bir değişim olmadığını ifade eden çalışmalarda yer almaktadır (8). Ancak konsantrelerinin depolanmaları sırasında fenolik madde içeriklerinde artış olduğunu gösteren bir çalışma bulunmamaktadır.

Çizelge 5'te antioksidan kapasite (FRAP) değerleri verilmiştir. Genel olarak örneklerin antioksidan kapasite kayıpları 10. ay sonunda ortaya çıkmıştır. Örneklerin depolama süresince antioksidan kapasite değerlerinin depolama başlangıcında birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Tokat-1 ve Tokat-2 örneklerinin 10. ay sonundaki antioksidan kapasite kayıpları sırası ile %41 ve %8 olarak bulunmuştur. Amasya-1 grubunda ise bu kayıp %13; Ankara-1 ve Ankara-2 için ise sırası ile %7 ve %3'tür.

Çizelge.6'da ise TEAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerlerindeki değişimler verilmiştir. Tüm örnek gruplarının depolama süresince antioksidan kapasite (TEAC) değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Tokat-2 örneklerinin 10. ay depolama sonundaki antioksidan kapasitesindeki

Çizelge 4. Depolama boyunca vişne suyu konsantresindeki toplam fenolik madde (mg/L) değişimi *

Table 4. Changes in phenolics during storage of sour cherry juice concentrates

Örnek (Sample)	0. ay 0. month	2. ay 2. month	4. ay 4. month	6. ay 6. month	8. ay 8. month	10. ay 10. month
TOKAT-1	759.3±6.0a	780.3±0.9c	757.5±0.7a	760.1±1.72a	801.9±0.00d	774.3±0.9b
TOKAT-2	770.5±3.7b	787.0±6.9c	770.2±0.7b	752.6±1.72a	798.9±3.45d	781.8±0.9c
AMASYA-1	771.3±1.9c	781.0±0.0d	765.3±0.9b	760.8±2.58a	800.5±0.00f	787±1.7e
AMASYA-2	794.1±2.2c	790.7±2.6c	773.5±2.4b	769.8±4.31a	806.4±1.72d	792.0±0.0c
ANKARA-1	767.9±1.4a	791.1±0.7d	775.0±0.0b	768.3±3.55a	803.4±1.72e	783.3±2.6c
ANKARA-2	772.4±0.7a	796.7±1.5d	779.5±1.7b	779.5±1.72b	805.7±2.58e	788.5±8.6c

*a,b harfleri her bir satırdaki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir ($P \leq 0.05$).

*a,b different lower case letter in the same line for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD ($P < 0.05$).

Çizelge 5. Depolama boyunca vişne suyu konsantresindeki antioksidan kapasite FRAP (μmol Troloks eşdeğeri /mL vişne suyu) değişimi*

Table 5. Changes in antioxidant capacity FRAP (μmol Troloks /mL sour cherry juice) during storage of sour cherry juice concentrates

Örnek (Sample)	0. ay 0. month	2. ay 2. month	4. ay 4. month	6. ay 6. month	8. ay 8. month	10. ay 10. month
TOKAT-1	26.4±1.9 ^b	15.9±1.47 ^a	11.32±3.9 ^a	15.47±1.2 ^a	14.76±1.1 ^a	15.5±0.2 ^a
TOKAT-2	24.3±0.1 ^e	16.9±0.17 ^b	15.59±0.7 ^a	17.76±0.0 ^c	22.85±0.1 ^d	22.2±0.0 ^d
AMASYA-1	21.3±0.5 ^c	15.±0.47 ^{ab}	12.83±0.3 ^a	19.63±0.1 ^{bc}	22.33±5.9 ^e	18.57±0.0 ^{abc}
AMASYA-2	24.5±1.9 ^{b^c}	22.8±0.60 ^b	19.44±0.2 ^a	24.44±0.0 ^{bc}	25.46±0.6 ^e	26.41±0.0 ^c
ANKARA-1	23.7±0.0 ^{cd}	20.7±0.13 ^b	18.46±0.1 ^a	25.78±0.3 ^d	25.02±1.6 ^d	21.97±0.0 ^{bc}
ANKARA-2	23.1±1.9 ^{bc}	19.8±1.5 ^{ab}	18.25±0.9 ^a	26.18±2.0 ^{de}	27.97±0.1 ^e	22.44±0.1 ^b

*a,b harfleri her bir satırdaki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir ($P \leq 0.05$).

*a,b different lower case letter in the same line for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD ($P \leq 0.05$).

azalma %3 olarak tespit edilmiştir. Amasya-1, Amasya-2 ve Ankara-1 örneklerindeki kayıplar sırası ile %2, %9 ve %13 olarak hesaplanmıştır. Piljac-Zegarac ve ark., (2009) vişne suyunun 29 gün buzdolabı koşullarında depolanması sonucunda antioksidan kapasitede (DPPH) %15 kayıp saptamışlardır (24). Bonerz ve ark., (2007) ise 20 °C'de depolanan vişne suyu örneklerinde antioksidan kapasitesinin (TEAC) önemli bir değişikliğe uğramadığını belirlemişlerdir (8).

SONUÇ

Vişne suyu konsantresi üretiminin ilk basamağı ve depolamanın onuncu ayı kıyaslandığında %35-61 antosiyanin kaybı belirlenmiştir. Bu durum fenolik maddeler için %0.8-9 aralığında değişmektedir. Antioksidan kapasite değişimleri incelediğinde ise üretim başlangıcı ve 10. ay sonundaki sonuçlar kıyaslandığında; %8-40 FRAP, %8-23 TEAC antioksidan kapasite değerlerinde kayba neden olmuştur. Özellikle ısı işlemler sonunda, sıcaklığın etkisiyle ve depolamaya bağlı olarak vişne suyu konsantrelerinin gerek toplam antosiyanin ve fenolik madde içerikleri gerekse de antioksidan aktivitelerinde belirgin azalmalar gözlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, vişne suyu ve konsantrelerinin fonksiyonel özelliklerinin korunumu amacıyla özellikle ısı işlem koşullarında değişiklik yapılması gerekliliğine işaret etmektedir. Isıl uygulamaların daha ılımlı koşullarda (uygulanan sıcaklık ve soğutma şekli gibi) gerçekleştirilmesinin ürünün fonksiyonel özellikleri üzerine olumlu etkiler sağlayacağı öngörülmektedir. Özellikle antosiyaninlerce zengin, meyve suyu ve konsantrelerinin üretiminde yüksek sıcaklık uygulamaları nedeniyle antosiyanin degradasyonu yoğun bir şekilde görülmektedir. Bununla beraber durultma ve berraklaştırma

amacıyla kullanılan enzim ve yardımcı maddelerinin kullanım miktarları ile uygulama sıcaklıkları ve sürelerinin de titizlikle seçilmesi antosiyanin kayıplarını azaltacaktır. Bu nedenle gıda işlemede endüstriyel anlamda hayata geçmiş ve sıvı gıdalara başarıyla uygulanan non-termal (vurgulu elektrik alan ve yüksek basınç gibi) yöntemlerin kullanımının iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir. İşleme dönemi bakımından sezon sonunda işlenen meyvelerden elde edilen konsantrelerin sezon başlangıcında işlenenlere göre fonksiyonel bileşenlerce daha zengin oldukları ve bu farklılıkların azaltılması amacıyla karışım halinde kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir. Yöresel farklılıklar dikkate alındığında ise yöreye özgü ürün gruplarının oluşturulması ile tüketici taleplerinin artırılacağı ve spesifik beklentilerin karşılanabileceği öngörülmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma Gaziosmanpaşa Üniversitesi BAP (2012/64)-TOKAT tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Arena E, Fallico B, Maccarone E. 2001. Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influenced by constituents, concentration process and storage. *Food Chem*, 74: 423-427.
2. Demirdöven A, Kaya C. 2011. Meyve-sebze üretim ve işleme yöntemlerinin doğal antioksidanlara etkileri. 7. Gıda Müh. Kongresi. 24-26 Kasım 2011. 75s. Ankara.
3. Kirakosyan A, Seymour EM, Llanes DEU, Kaufman PB, Bolling SF. 2009. Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products. *Food Chem*, 115: 20-25.

Çizelge 6. Depolama boyunca vişne suyu konsantresindeki antioksidan kapasite TEAC (mM Troloks/vişne suyu mL) değişimi *
Table 6. Changes in antioxidant capacity TEAC (mM Troloks /mL sour cherry juice) during storage of sour cherry juice concentrates

Örnek (Sample)	0. ay 0. month	2. ay 2. month	4. ay 4. month	6. ay 6. month	8. ay 8. month	10. ay 10. month
TOKAT-1	74.7±0.1 ^a	104.7±0.0 ^f	96.64±0.0 ^e	94.19±0.0 ^e	94.57±0.2 ^e	91.99±0.0 ^b
TOKAT-2	96.6±0.0 ^d	124.7±0.0 ^f	84.27±0.0 ^b	79.73±0.0 ^a	105.84±0.2 ^e	94.06±0.0 ^c
AMASYA-1	112.5±0.0 ^f	85.3±0.0 ^a	103.4±0.0 ^d	91.74±0.0 ^b	102.83±0.2 ^c	110.02±0.0 ^e
AMASYA-2	149.1±0.0 ^f	106.3±0.0 ^a	128.6±0.0 ^c	119.1±0.0 ^b	135.29±0.5 ^d	135.47±0.0 ^e
ANKARA-1	153.4±0.0 ^a	172.4±0.0 ^b	132.2±0.0 ^c	91.05±0.2 ^d	90.23±0.0 ^a	134.09±0.0 ^f
ANKARA-2	104.4±0.0 ^a	170.2±0.0 ^f	115.2±0.0 ^b	130.5±0.0 ^c	150.02±0.0 ^e	146.84±0.0 ^d

*^{ab} harfleri her bir satırdaki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir (P≤0.05).

*^{a b} different lower case letter in the same line for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD (P≤0.05).

4. Açıkgözoğlu AB. 2008. Antioksidanca Zengin Nar ve Vişne Konsantreleri kullanılarak Hazırlanan Meyveli Yoğurtların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniv. Gıda Müh. Ana Bilim Dalı, Konya.
5. Cemeroglu B, Velioğlu S, Işık S. 1994. Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. *J Food Sci*, 59: 1216-1218.
6. Turfan Ö. 2008. Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antosiyaninlerdeki Değişimler (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniv. Gıda Müh. Anabilim Dalı, Ankara.
7. Ekşi A. 2010. Vişne suyunun profili ve antioksidan kapasitesi ve işleme sırasında değişimi, Proje No: 1080610, Ankara.
8. Bonerz D, Würth K, Dietrich H, Will F. 2007. Analytical characterization and impact of ageing on anthocyanin composition and degradation in juices made from five different sour cherry cultivars. *Eur Food Res Technol*, 224: 355-364.
9. Borowska EJ, Szajdek A, Borowski J. 2005. Antioxidant properties of fruits, vegetables and their products. *Fruit Process*, 15: 38-43.
10. Simunic V, Kovac S, Gaso-Sokac D, Pfannhauser W, Murkovic M. 2005. Determination of anthocyanins in four Croatian cultivars of sour cherries (*Prunus cerasus*). *Eur Food Res Technol*, 220: 575-578.
11. Fuleki T, Francis FJ. 1968. Qualitative methods for anthocyanins. extraction and determination of total anthocyanins in cranberries. *J Food Sci*, 33:72-77.
12. Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16: 144-153.
13. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analy Biochem*, 239: 70-76.
14. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad Biol Med*, 26:1231-1237.
15. Özkan M. 2005. Berrak siyah havuç suyu konsantresi üretimi ve antosiyaninlerin ısıl stabilitesi. Bilimsel araştırma projesi kesin raporu. Proje no: 20020711065. Ankara Üniversitesi, Ankara.
16. Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. 2002. Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics; comparison of two pretreatments. *J Food Sci*, 67:1660-1667.
17. Talcott ST. 2003. Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed muscadine grape juice. *J Agr Food Chem*, 51: 957-963.
18. Khandare V, Walia S, Singh M, Kaur C. 2011. Black carrot (*Daucus carota ssp. sativus*) juice: Processing effects on antioxidant composition and color. *Food Bioprod Process*, 89: 482-486.
19. Ağçam E, Akyıldız A. 2011. Yaban mersini meyvesinin meyve suyuna işlenmesi üzerine bir araştırma (7. Gıda Müh. Kongresi 24-26 Kasım 2011).
20. Güzel N. 2010. Nar suyu konsantresi üretim aşamalarında prosiyanidinlerdeki değişimler (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniv. Fen Bilimler Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
21. Çapanoğlu EG, Erdil DN, Kapçı B, Sürel E, Süzme S, Boyacıoğlu D. 2008. Meyve suyuna işleme sırasında antioksidan özelliklerde meydana gelen değişimler (<http://www.gidateknolojisi.com.tr>. Erişim tarihi:15.05.2013).
22. Toydemir T, Boyacıoğlu D. 2012. Vişne suyu işleme prosesinin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkisi. Optimal Beslenme Meyve Suyu Tüketiminin Yeri ve Önemi: Yeni Yaklaşımlar ve Yeni Görüşler Paneli, 30 Mayıs 2012, İstanbul.
23. Hamidreza A, Mohsen B, Soleiman A. 2007. Anthocyanins characterization of 15 Iranian pomegranate (*Punica granatum L.*) varieties and their variation after cold storage and pasteurization. *Eur Food Res Technol*, 227: 881-887.
24. Piljac-Zegarac J, Valek L, Martinez S, Belscak A. 2009. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. *Food Chem*, 113: 394-400.

KEMALPAŞA TATLISI (PEYNİR TATLISI) KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

H. Özgül Uçurum*, Meral Kaygısız, Nagihan Uğur

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü, Bursa

Geliş tarihi / Received: 04.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 16.02.2016

Kabul tarihi / Accepted: 22.02.2016

Özet

Yurt genelinde tüketimi yaygınlaşan, geleneksel tatlılarımız arasında önemli ihraç ürünü olabilecek Kemalpaşa tatlisinin mevcut durumunun tespiti, kendine özgü kalite özelliklerinin belirlenmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Peynir tatlıları, Mustafakemalpaşa ilçesinde üretim yapan 13 firmadan 3 farklı zamanda toplamda 60 adet ve farklı bölgelerden piyasada satışa sunulan 10 farklı firmadan 30 adet alınmıştır. Örneklerde yapılan analizler sonucunda; protein % 15.21-28.8 aralığında, toplam yağ içeriği % 6.96-24.08, toplam asitlik % 0.83-1.21, peroksit değeri 4.94-6.57 meq/kg, nişasta % 39.75-61.06 ve Beta-sitosterol içeriği % 3.19-7.86 olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada 3. kalite olarak değerlendirilen ürünlerin protein değeri (km'de) %18, toplam yağı (km'de) %12'nin altında ve nişasta %50'den fazla olup Beta-sitosterol %15'lere kadar çıkmaktadır. Analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırmada 3. kalite olarak nitelendirilen bu ürünlerin geleneksel olarak üretilen Kemalpaşa tatlisinin özelliklerini taşımadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kemalpaşa tatlısı, kalite, besin öğeleri

DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS OF KEMALPAŞA DESSERT (CHEESE DESSERT)

Abstract

The objective of this research is to determine the current situation and specific quality characteristics of the Kemalpaşa dessert which is increasingly consumed across the country and has a potential to be an important export product among the traditional desserts. A total of 60 samples were collected from 13 different manufacturers in Mustafakemalpaşa town at 3 different times. In addition, another 30 dessert samples produced by 10 different firms were collected from the marketplace in the region. The protein, fat, total acidity, starch and beta-sitosterol contents were in the range of 15.21- 28.8 %, 6.96-24.8%, 0.83-1.21%, 39.75-61.06% and 3.19-7.86%, respectively. The peroxide value ranged between 4.94 meq/kg and 6.57 meq/kg. In this study, the samples that were not possessing the specific features of the traditionally produced Kemalpaşa dessert were considered to be third grade. The protein content of the third grade samples were less than 18 % (db), total fat amount was less than 12% (db), starch content was more than 50% (db) and beta-sitosterol content were up to 15 %.

Keywords: Kemalpaşa dessert, quality, food composition, protein, fat content

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ozgulucurum@gmail.com,

☎ (+90) 224 246 4721,

☎ (+90) 224 246 2629

GİRİŞ

Geleneksel bir Türk tatlısı olan Kemalpaşa tatlısı, 1960-1962 yılları arasında ilk olarak Bursa ilinin Kemalpaşa ilçesinde üretilmeye başlanmıştır. Yöre halkının ekonomisi için önemli bir gıda olan Kemalpaşa tatlısı daha sonra çevre İl ve ilçeler tarafından da tarifi alınarak üretimi yapılmıştır. Kemalpaşa tatlısı olarak tanınan ürün, aslında yarı işlenmiş bir tatlı çeşidi olup, ticari önemi gittikçe artmaktadır. Üretiminde hammadde olarak, irmik, taze tuzsuz peynir, un, yumurta, kabartma maddesi ve su kullanılarak tekniğine uygun olarak hazırlanıp, hamuruna şekil verilip, fırında üstü kızarıncaya kadar tam pişirilmesi ile elde edilen peynir tatlısı olarak da bilinen yarı mamuldür (1)

TS 12102 Kemalpaşa Tatlısı standardı (2), 2011 yılında iptal edilmiş yerine TS 13470 Hamur Tatlıları-Şerbet eklemeye hazır tatlılar (3) standardı getirilmiş, burada tüm hamur tatlıları bir standart içerisinde; Buğday unu veya özel amaçlı un, çeşitli bitkisel yağ ve suya, tarifine göre tuz, yumurta, kabartma tozu, şeker, taze tuzsuz peynir, irmik vb. iç fındık, fıstık, badem, eviz gibi çeşni maddelerinin bir veya birkaçı gerektiğinde mevzuatında katılmasında izin verilen katkı maddesi ilave edildikten sonra, tekniğine uygun olarak hazırlanan hamura şekil verilerek fırında tam olarak pişirilmesi ile elde edilen, şeker şurubu ilave edilmemiş yarı mamul olarak tanımlanmıştır. Bu tanımın kapsadığı, Şambaba, Kalburabastı, Gül tatlısı, Dilberdudağı, Şekerpare ve Kemalpaşa tatlısı çok genel bir tanımlama olup Kemalpaşa tatlısının geleneksel üretiminde kullanılması gereken hammaddeleri açık ve net ifade etmemektedir. Tatlının bileşimini içeren bir ibarenin veya kullanılan maddelerde bir sınırlamanın olmaması standardizasyonun sağlanmasını önlemektedir.

Ayrıca yürürlükte olan TS 13470 Hamur Tatlıları-Şerbet eklemeye hazır (3) tatlılar standardında belirtilen kimyasal özelliklerin Kemalpaşa tatlısının kalite kriterlerini belirlemede yeterli olmadığı ve mevcut durumun üreticiler açısından haksız rekabete sebep olduğu görülmektedir. Tüketicilerde, mevzuattaki açıktan faydalanarak Kemalpaşa tatlısı adı altında kendine özgü özellikler taşımayan ürünleri piyasaya sunan firmaların ürünlerini tüketmek durumunda kalmaktadır.

Bu nedenle önemli ihraç ürünü olabilecek piyasadaki Kemalpaşa tatlısının mevcut durumunun

tespiti, kendine özgü kalite özelliklerinin belirlenmesi ve yeni Kemalpaşa Tatlısı (Peynir tatlısı) standardı oluşturabilecek veriler elde etmek, bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bursa İlinin Mustafakemalpaşa ilçesinde peynir tatlısı üretimi yapan firmaların 3 farklı kalitede satışa sunduğu Kemalpaşa tatlı örnekleri araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. 13 firmadan 3 farklı zamanda (Haziran, Ağustos ve Ekim 2014) toplamda 60 adet ve farklı bölgelerden piyasada satışa sunulan 10 firmadan toplamda 30 adet çift fırınlanmış Kemalpaşa tatlı örneği alınmıştır. Örnekler analize alınmadan önce 4 ± 1 °C'de buzdolabı koşullarında muhafaza edilmişler ve analize alınacak örnekler aynı gün öğütülüp homojenize edilmişlerdir.

Kimyasal Analizler

Örneklerin Kuru Madde içeriği, numuneler öğütüldükten sonra, 130 ± 3 °C kurutup desikatörde soğutulmuş darası alınmış kuru madde kaplarına 0.001 g hassasiyetle 5 ± 1 g tartılıp, 130 ± 3 °C ayarlı etüvde 2 saat bekletildikten sonra desikatöre alınıp soğutulmuş tartılması prensibiyle belirlenmiştir (4). Protein değeri, öğütülmüş numunenin yüksek sıcaklıkta ($850-950$ °C) saf oksijenle (%99.9) yakılması sonucu açığa çıkan Azotun, Helyum gazı ile ısı iletim dedektörüne taşınıp ölçülmesi ve (5.70 faktörü) ile çarpılarak %protein olarak hesaplanması ilkesine dayanılarak LECO cihazı ile tayin yapılmıştır (5). Toplam yağ miktarı deney numunesinde bulunan yağ dışındaki maddelerin (proteinlerin, zor çözünen tuzlarının v.b.) hidroklorik asit ile yakılarak yağın serbest hale geçirilmesi, çözücülerle tamamen alınması, çözücülerin uçurulması ve uzaklaştırılan yağın tartılmasından hesaplanması prensibine dayanılarak ANKOM XT15 yağ ekstraksiyon cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (6). Nişasta miktarı ise Ewers Polarimetrik metoda göre (7) deney numunesi, içerdiği optikçe aktif diğer unsurların ayrılması için HCL ile ekstrakte edilerek, eriyen unsurlar Carez I ve Carez II çözültüsü ile çöktürülüp, süzülerek ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra bu süzüntüdeki nişasta çözültüsünün optik çevirme derecesinin ölçülmesi ile tayin edilmiştir. Kemalpaşa örneklerinin toplam asitlik değeri ve peroksit

sayısı numuneye ön kurutma uygulandıktan sonra soxhelet yağ ekstraktörü (Shin/Saeng SCMS-F2S-6H) cihazı kullanılarak petrol eteri ile ekstrakte edilmesiyle elde edilen yağda (8, 9)'e göre yapılmıştır. Sterol kompozisyonundan Beta-sitosterol değeri, deney numunesinin dietil eter uygulaması ile yağı çıkarıldıktan sonra, elde edilen yağa iç standart olarak α -kolestanol ilave edilmiş yağ numunesi etanollü potasyum hidroksit ile sabunlaştırılıp bunu takiben sabunlaşmayan maddeler dietil eterle ekstrakte edildikten sonra silikajel plaka üzerinde ince tabaka kromatografisi kullanılarak ayrılıp trimetil-silil esterlerine dönüştürülerek gaz kromatografisi GC FID (Agilent) cihazına verilerek analiz edilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Sterol kompozisyonunun ayırımında kapiler kolon (HP-ULTRA 2; 50.0 m x 0.32 mm x 0.52 μ) kullanılmış olup kolon sıcaklığı programı 280 °C'den 295 °C'ye 2°/dak. ile yükselme ve 295 °C de 35 dak. tutma şeklinde ayarlanmıştır. Bu doğrultuda toplam analiz süresi 43 dakika olmuştur. Enjeksiyon bloğu 280 °C ve dedektör 290 °C'dir (10).

İstatistiksel analiz

Araştırma tesadüf parsellerinde iki tekerrürlü, analizler de her bir tekerrür için iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiki olarak farklı çıkan faktörler %5 LSD testine göre gruplandırılmıştır. Hesaplamalarda SAS Enstitüsü tarafından yapılan JMP istatistiki programı kullanılmıştır (11).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında analiz edilen Kemalpaşa tatlısı örneklerinde LSD testi sonuçlarına ait ortalama (%) protein, toplam yağ, toplam asitlik, nişasta, (meq/kg) peroksit ve (%)beta-sitosterol bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Örneklerin protein miktarları, Kemalpaşa tatlısına özgü kalite kriterlerinin belirlenmesinde ayırt edici özellikte olup 1. kalite ürünlerde ortalama kuru maddede %28.28; 2. kalite ürünlerde %21.89 ve 3. kalite ürünlerde ortalama %15.21 olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Özenir (1) yapmış olduğu çalışmada tek fırınlanmış Kemalpaşa tatlılarında protein değerini %15.8-20.3 aralığında bulunduğunu tespit etmiştir. Özmen (12) Çeşitli firmalardan almış olduğu Kemalpaşa tatlısı örneklerinde kuru maddede protein değerlerini % 24.0-30.48 olarak tespit etmiştir. (13) tarafından yapılan bir çalışmada protein değeri %18.94 olarak belirlenmiştir.

Kaliteyi önemli oranda etkileyen hammadde olarak kullanılan peynir Kemalpaşa tatlısı üreticisi firmalar tarafından üretilip tatlı bileşimine katılmaktadır. Ancak kullanılan peynir aslında peynir altı suyunun süzülmesi sonrası elde edilen ve teleme olarak isimlendirilen ürün olup, süzme işleminin tam yapılmaması sonrası elde edildiği için kuru maddesi üzerinde protein değerlerinde firmalar arası farklılıklar yaratmaktadır. Çalışmamızda tespit ettiğimiz değerlendirme kriterlerine göre 3. sınıf olarak gruplanan Kemalpaşa tatlı örneklerinde tespit edilen protein değerleri kuru maddede %10.25-17.16 aralığında

Çizelge 1. Kemalpaşa Tatlısı Örneklerinin, kuru madde, protein, toplam yağ, toplam asitlik, nişasta, peroksit ve beta-sitosterol miktarı
Table 1. Amount of Kemalpaşa Dessert, samples dry matter, protein, total fat, total acidity, starch, peroxide and beta-sitosterol

Analizler Analysis	1. Kalite (ort) 1. Quality(av)	2. Kalite (ort) 2. Quality(av)	3. Kalite (ort) 3. Quality(av)
Kuru Madde (%) Dry Matter (%)	89.44±0.20 ^a	92.83±0.29 ^b	91.80±0.25 ^c
Protein (%) (km'de) Protein (%) (dry basis)	28.28±0.39 ^a	21.89±0.14 ^b	15.21±0.38 ^c
Toplam Yağ (%) (km'de) Total fat (%) (dry basis)	24.08±0.45 ^a	15.04±0.18 ^b	6.96±0.07 ^c
Toplam Asitlik (%) km'de (Öz.yağda oleik asit cins.) Total acidity (%) (dry basis; Oleic acid in the extracted oil)	1.04±0.02 ^{ab}	0.83±0.03 ^b	1.22±0.06 ^a
Nişasta (%) Starch (%)	39.76±0.79 ^a	47.38±0.64 ^b	61.06±0.05 ^c
Peroksit (meg/kg) Peroxide (meg/kg)	6.57±0.39 ^a	6.62±0.52 ^a	4.94±0.25 ^b
Beta-sitosterol (%) Beta- sitosterol (%)	3.19±0.05 ^a	5.48±0.02 ^{ab}	7.87±0.19 ^{ab}

Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($P<0.05$). Different letters in the same column refers to statistically significant difference ($P<0.05$).

*Ort değerler 30 adet Kemalpaşa tatlısı örneğinden hesaplanmıştır. Average value is calculated from 30 samples Kemalpaşa dessert
km: kuru madde/dry matter
ort: ortalama/average

olup, peynirin eser miktarda yada hiç kullanılmadığı görülmektedir. Toplam yağ içeriği Kemalpaşa numunelerinde kalite kriterleri yönünden incelendiğinde 1. kalite ürünlerde kuru madde üzerinden ortalama % 24.08 tespit edilirken, 2. kalitede % 15.04 ve 3. kalitede ise % 6.96 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Yapılan araştırmada toplam yağ içeriğinin Kemalpaşa tatlısının kalite kriteri olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Yörede üretilen Kemalpaşa tatlıları bileşimi her firma için farklılıklar gösterse de bileşim açısından ayırt edici bir özellik olduğu görülmektedir. Geleneksel olarak üretilen tatlıda, kullanılan peynir oranından gelen yağ kalite kriteri yönünden sınıflandırılmanın oluşmasında etkili olacağı tespit edilmiştir.

Kemalpaşa tatlısı numunelerinde özütlenen yağda oleik asit cinsinden toplam asitlik sonuçları incelendiğinde kalite kriteri olarak istatistiksel anlamda önemli olmasına rağmen 1. kalite ürünler, 2. ve 3. kalite ürünlerle birbirine yakınlık göstermektedir. Görülen o ki asitlik değeri değerlendirme kriteri yönünden tek başına bir anlam ifade etmemektedir. 1. kalite Kemalpaşa tatlılarında asitlik değeri % 1.04 iken 2. kalite ve 3. kalite numunelerde sırası ile % 0.83 ve %1.21 olarak tespit edilmiştir. Özenir (1), Kemalpaşa peynir tatlısında bazı kalite kriterlerini belirlediği çalışmasında asitlik (laktik asit cinsinden) değerini %0.16-0.20 aralığında belirlemiştir. Bu değer ile yürürlükteki TS 13470 Hamur Tatlıları-(Şerbet eklemeye hazır) standardında belirtilen özütlenen yağda asitlik kuru maddede en çok %2 değerini karşılamaktadır. Özütlenen yağda asitlik değeri Kemalpaşa tatlısında kalite sınıflaması yönünden ayırt edici olmamaktadır.

Peroksit değeri 6.57 (meq/kg) ve 2. kalite 6.62 (meq/kg) arasında istatistiki olarak da tespit edildiği üzere fark olmayıp, 3. kalite 4.94 (meq/kg) değeri diğer iki kaliteden farklı bulunmuştur. Üçüncü kalite olarak bu çalışmada yer verilen grup Kemalpaşa tatlısı adı altında satılan peynir tatlısı olmayıp peroksit değeri ile diğer kalite gruplarından ayırt etmemizde önem taşımaktadır. Peroksit değeri yüksek olan numunelerde oksidasyonun fazla olması numunelerin raf ömrünün kısaldığının bir göstergesi olabilir.

1. kalite ürünlerde ortalama %39.75; 2. kalite ürünlerde %47.38 ve 3. kalite ürünlerde ortalama %61.06 olduğu görülmektedir. 1. kalite ürünlerde protein ve yağ değerleri 2.ve 3. kalite ürünlere göre daha yüksekken nişasta buna bağlı olarak düşmekte; 2.ve 3. kalite ürünlerde protein ve yağ değerlerindeki düşüşle beraber nişasta değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Nişasta (%) değerinin Kemalpaşa tatlısında kalite sınıflaması yönünden ayırt edici olduğunu ortaya koyulmaktadır.

Kemalpaşa tatlıları içerisindeki yağ Beta-sitosterol (%) içeriği yönüyle değerlendirildiğinde 1. kalite ürünlerin 2. ve 3. kalite ürünler ile arasında fark olduğu görülmektedir. Beta-sitosterol değerinin 1.kalite ürünlerde ortalama %3.19; 2. kalite ürünlerde % 5.47 ve üçüncü kalite ürünlerde %7.86 olarak tespit edilmiştir. Beta-sitosterol (%)'ün bitkisel kaynaklı olması nedeni ile peynir katılarak hazırlanan (1. ve 2. kalite) Kemalpaşa tatlı örneklerinde Beta-sitosterol miktarının düşük olması, sadece bitkisel yağ katılarak hazırlanan ürünlerde ise bu oranın yüksek olması beklenir.

Halkımız tarafından sevilerek tüketilen bu tatlının bileşiminin standardize edilerek, kendine özgü özellikleri göstermeyen ürünlerin Kemalpaşa tatlısı adı altında piyasada yer alması önlenmelidir. Bu nedenle mevcut TS 13470 Hamur Tatlıları-(Şerbet eklemeye hazır) standardının ihtiyacı karşılamadığı ve yeni bir Kemalpaşa tatlısı (peynir tatlısı) standardının oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Özenir A. 2005. Kemalpaşa Peynir Tatlısının Bazı Kalite Kriterleri ve Raf Ömrünün Belirlenmesi, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, TAGEM, Proje Kod No:GY/02/11/06/82, Bursa, 29s.
2. Anon 1996. TS 12102 Kemalpaşa Tatlısı (Peynir Tatlısı), 7s.
3. Anon 2011. TS 13470 Hamur Tatlıları-Şerbet eklemeye hazır.
4. Anon 2010. TS EN ISO 712 Tahıl ve Tahıl Ürünleri-Rutubet Muhtevası Tayini (Referans Metot).
5. AOAC. 2000. Official Method 990.03. Protein (Crude) in Animal Feed. Combustion Method.

6. AOAC. 2005. Official Method of Analysis, 920.39, Fat (crude) or ether extract in animal feed. 18th Ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD. ANKOM Kullanım notları, TS – 4967.
7. Anon 2000. Ewers Polarimetrik Metot. Commission Regulation (EC) No: 152/2009:2.
8. Anon 2010. TS 2383 Bisküvi Standardı.
9. Anon 2010. TS EN ISO 3960 Hayvansal ve Bitkisel Katı ve Sıvı Yağlar – Peroksit Değeri Tayini İdiyometrik Son Nokta Tayini.
10. IOOC. 2013. Method for the Determination of the Composition and Content of Sterol and Triterpene Dialcohol by Capillary Column Gas Chromatography, COI/t.20/DOC.NO:30.
11. JMP 2002. A Business Unit of SAS Copyright, SAS Institute Inc. 5.0.1 a.
12. Özmen N. 2004. Kemalpaşa Tatlısı Üretim Koşullarının İyileştirilmesi ve Raf Ömrünün Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enst. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Bursa, Türkiye, 47s.
13. Korukluoğlu M, Yiğit A. 2004. Karanfil ve Tarçın Kullanılarak Taze Mustafakemalpaşa Peynir Tatlısının Raf Ömrünün Uzatılması Üzerine Bir Araştırma, Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Van, 254 s.

Author Instructions

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

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Author Instructions

Manuscript Submission and Copyright Release Form

GIDA (2009) 34 (1): 67

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 / 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.

DAĞ ÇİLEĞİNİN (*ARBUTUS UNEDO L.*) KURUMA KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hülya Çakmak^{1**}, Neslihan Bozdoğan¹, Gülsüm Merve Turkut¹,
Seher Kumcuoğlu², Şebnem Tavman²

¹Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

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

Geliş tarihi / Received: 05.01.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 08.02.2016

Kabul tarihi / Accepted: 13.02.2016

Özet

Bu çalışmada, dağ çileği (*Arbutus unedo L.*) meyvelerinin liyofilizatör ve tepsili kurutucuda kuruma kinetiği incelenmiştir. Başlangıç nem içeriği 2.299 ± 0.011 kg su/kg kuru madde olan dağ çileğinin nem içeriği, -50°C 'deki liyofilizatörde 12 saat süre sonunda 0.160 ± 0.001 kg su/kg kuru madde içeriğine düşürülürken; 60°C ve 0.6 m/s sabit hava hızında tepsili kurutucuda 16 saat sonunda 0.156 ± 0.001 kg su/kg kuru madde içeriğine düşürülmüştür. İnce tabaka kuruma modelleriyle deneysel verilerin uyumu incelendiğinde; Page modelinin, dağ çileğinin her iki kurutma yöntemi için deneysel kuruma verilerine en uygun model olduğu belirlenmiştir. Dağ çileğinin C vitamini, fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan aktivite değerleri incelendiğinde, kuruma işlemiyle bu değerlerde azalma olduğu saptanmıştır. Ancak liyofilizatörde kurutulan örneklerin, tepsili kurutucuda kurutulan örneklerle daha yüksek C vitamini, fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatörde kurutulan örneklerde parlaklık değeri (L^*) ve sarılık ($+b^*$) değeri taze örneğe kıyasla daha yüksek bulunurken, tepsili kurutucuda kurutulan örneklerde kırmızılık ($+a^*$) değerinin taze örneğe kıyasla yüksek bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Dağ çileği (*Arbutus unedo L.*), kurutma, modelleme, ABTS, fenolik madde, C vitamini

EVALUATION OF DRYING KINETICS OF *ARBUTUS UNEDO L.* FRUIT AND DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS

Abstract

In this study, drying kinetics of wild strawberry (*Arbutus unedo L.*) fruits in freeze dryer and tray dryer were observed. Fruits having an initial moisture content of 2.299 ± 0.011 kg water/kg dry matter were decreased to 0.160 ± 0.001 kg water/kg dry matter in freeze dryer working at -50°C after 12 hour drying, while the final moisture of fruits dried in a tray dryer at 60°C and 0.6 m/s were decreased to 0.156 ± 0.001 kg water/kg dry matter after 16 hour drying. Thin layer drying behaviour of strawberries was evaluated and Page model was found to be the best fitting model to the experimental drying data. Vitamin C, total phenolic content and total antioxidant activity were found lower in dried fruits compared to the fresh fruit. However, the samples dried in freeze dryer had higher vitamin C, total phenolic and total antioxidant activity than tray dried samples. Lightness (L^*) and yellowness ($+b^*$) of freeze dried fruits were higher than the fresh ones and tray dried fruits had higher redness value than both of the fresh sample and freeze dried samples.

Keywords: Wild strawberry (*Arbutus unedo L.*), drying, modeling, ABTS, total phenolic, vitamin C.

* Bu çalışmanın bir kısmı "Pamukkale Gıda Sempozyumu III- Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Gıdalar" sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur. *Some part of this article was presented as an oral presentation in Pamukkale Food Symposium III- Dried and Semi-dried Foods.*

** Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hulya.cakmak@ege.edu.tr,

☎ (+90) 232 311 1312,

☎ (+90) 232 342 7592

GİRİŞ

Dağ çileği (*Arbutus unedo* L., Ericaceae familyası) veya Türkiye'de bilinen ismi ile kocayemiş bitkisi, daima yeşil kalan bodur bir ağaççık türüdür. Çoğunlukla deniz seviyesinden 600 m kadar yüksekte, kuru, kayalık ve yamaçlarda veya çam ormanlarında yetişen dağ çileği ağacı genellikle 9-12 m'ye kadar uzayabilmektedir (1-3). Türkiye'nin özellikle Akdeniz iklimine sahip Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde ve bazı Karadeniz Bölgesi illerinde doğal olarak yetişen dağ çileği, buzlanmanın fazla yaşanmadığı ve yaz kuraklıklarının çok yoğun olmadığı batı, orta ve güney Avrupa'da, Kuzey Batı Afrika'da, Kanarya Adaları ve Batı Asya'da da doğal olarak yetişmektedir (1). Dağ çileğinin sonbaharda olgunlaşan meyveleri küre şeklinde, olgunlaştıklarında turuncu- kırmızı bir renge sahip, 2 cm çapa kadar büyüyebilmekte ve meyvenin yüzeyi konik yapılarla çevrelenmiştir (1).

Dağ çileği taze olarak tüketilebilmesinin yanında; şarap, brendi ve likör gibi alkollü içecekler, reçel, jöle ve marmelat şeklinde de tüketilebilmektedir. Ayrıca yoğurtlara tat vermek amacıyla ve turta gibi ürünlerde dolgu maddesi olarak da kullanıldığı bilinmektedir (1, 3-5).

Geleneksel tıpta ağacın meyveleri ve yaprakları antiseptik, diüretik, antihipertansif ve laksatif özellikleri nedeniyle kullanılmakta, ayrıca arteriyel hipertansiyon ve tromboz gibi kalp ve damar hastalıklarının tedavisine yardımcı olarak da kullanılabilir (1, 6). Bununla birlikte meyvelerinin antimikrobiyel özellik gösterdiği bildirilmiştir (6).

Dağ çileği, içerdiği flavonoidler sayesinde yüksek antioksidan aktive göstermektedir. Meyvenin yanı sıra yapraklardan elde edilen sulu ekstraktların, meyveden elde edilen sulu ekstraktlara göre daha yüksek fenolik madde içerdiği belirtilmektedir (7). Ayrıca genotipe bağlı olarak yapraklardan elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde içeriği 148-215 mg GAE/g ekstrakt arasında değiştiği bulunmuştur (8). Yaprak ve meyvenin antioksidan etkisi farklı kimyasal yöntemlerle saptanırken (6-9), serbest radikallerin insandan elde edilen eritrositlerin hemolizine karşı koruyucu etkisi kıyaslandığında, yapraklardan elde edilen ekstraktın ($IC_{50} = 0.062 \pm 0.002$ mg ekstrakt/ml) daha yüksek koruyucu etki gösterdiği belirlenmiştir (7). Bouzid ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre, meyvelerin toplam fenolik madde içeriği kullanılan çözgen tipine bağlı olarak farklı bulunmuş; en düşük fenolik madde sulu ekstrakttan (12.75 ± 0.06 mg GAE/g ekstrakt) elde edilirken, en yüksek fenolik madde içeriği etil asetat ekstraksiyonu ile (32.84 ± 0.53 mg GAE/g ekstrakt) elde edilmiştir.

Dağ çileğinin olgunlaşmış meyveleri, %42-52 oranında kuru madde ve yüksek oranda şeker içermektedir (4, 10). Yapılan çalışmalarda meyvenin, gallik asit ve gentisik asit gibi fenolik bileşenleri (1, 4, 10), α -linolenik asit ve linoleik asit gibi yağ asitlerini (11), E, C vitamini, β -karoten, niasin gibi vitamin ve vitamin öncüllerini (1, 10), fumarik, laktik, malik ve sitrik asit gibi organik asitleri (10) ve kalsiyum, potasyum, magnezyum ve sodyum gibi mineralleri içerdiği belirlenmiştir (1, 2, 10). Ayrıca literatürde yer alan çalışmalarda, meyvenin içeriğinde alkoller ve esansiyel yağlar gibi uçucu bileşenlerin de bulunduğu belirtilmiştir (1).

Kurutma işlemi eş zamanlı ısı ve kütle aktarımı işlemi olarak tanımlanmaktadır. Gıda materyalinden suyu buharlaştırmak amacıyla; hissedilir ısı ve gizli ısı aktarımı gerekmektedir (11). Kurutma işlemi, tahıl, meyve, sebze, baharat, et ve deniz ürünleri gibi gıda ürünlerindeki su oranını mikrobiyel bozulmanın en az ölçüde gerçekleşebileceği bir seviyeye düşürmek amacıyla sıklıkla uygulanan bir işlemdir (12, 13). Kurutma üniteleri, güneşte kurutma veya sıcak hava kurutma ünitelerinden; yüksek kapasiteli, gelişmiş püskürtmeli kurutuculara veya dondurarak kurutma ünitelerine kadar büyük bir yelpazede çeşitlilik göstermektedir. Günümüzde marketlerde çok farklı çeşitlilikte kurutulmuş ürün bulmak mümkündür ve bu durum hazır gıda sektörüne önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (11). Gıdaların işlenmesinde en yaygın olarak kullanılan kurutucular; fırın, tepsili kurutucu, tünel kurutucu ve dondurarak kurutucu gibi kurutuculardır (12). Bu çalışmada kullanılan yöntemlerden biri olan tepsili kurutucuda kurutma yönteminde ısı; taşınım ile havadan gıdanın yüzeyine ve iletim yolu ile de gıda içinde aktarılmaktadır. Dondurarak kurutma (liyofilizasyon) işleminde ise, gıda materyali dondurulmakta ve gıdada oluşan buz, süblimasyon ile üründen uzaklaştırılmaktadır. Buzun uzaklaştırılma işlemi, genellikle çok düşük basınca sahip ortamda, iletim veya ışınım yoluyla ısı aktarımı ile gerçekleştirilmektedir (11). Bu kurutma yönteminde düşük sıcaklık ve vakumun birlikte kullanılması, ürünün şekil, renk ve tat özelliklerinin korunmasına yardımcı olmaktadır (12).

Geleneksel olarak kullanılan en yaygın kurutma yöntemi olan güneşte kurutma işleminin uzun kuruma süresi gerektirmesi, mikrobiyel bulaşma riski taşınması ve hava durumuna bağlı olarak üründe kalite kaybına neden olabilmesi gibi durumlar bu kurutma işleminin dezavantajları arasında yer almaktadır. Orak ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, güneşte kurutma yönteminin belirtilen dezavantajlarının yanı sıra; dağ çileğinin sonbahar ve kış aylarında olgunluğa

ulaşması sebebiyle güneşte kurutma yönteminin bu ürüne uygun olmadığı ve bu nedenle farklı kurutma tekniklerinin uygulanması gerektiği belirtilmiştir (13). Belirtilen sebepler nedeniyle gerçekleştirilen bu çalışmada, kurutma yöntemi olarak tepsili kurutucuda kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri denenmiştir.

Kaliteli bir kurutulmuş ürün elde edebilmek ve bu işlem sırasında enerji verimliliğini arttırabilmek amacıyla kurutma işlemi sırasındaki nem aktarım özelliklerinin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Kurutma işlemi daha iyi kontrol edebilmek ve tahminlemek amacıyla, farklı koşullar altında oluşturulan kuruma eğrilerine uygun modeller uygulanması önemlidir (14, 15). Gıdaların kuruma mekanizmalarını açıklayan matematiksel modellerden sıcaklık ve nem bilgilerini elde edebilmek mümkündür. Matematiksel modellerin içerisinde ince tabaka kuruma modeli, kolay kullanımı ve karmaşık teorik modellerdeki gerekli verilere ihtiyaç duyulmaması nedeniyle geniş kullanım alanı bulmuştur (16). Birçok gıda ürününün kurutulmasında çoğunlukla araştırılan teorik kuruma modelleri, Fick'in ikinci yasasının seri çözümlerinin basitleştirilmesiyle elde edilmektedir (14).

Bu çalışmada ülkemizde sınırlı alanda doğal olarak yetişen dağ çileğinin, tepsili kurutucu ve liyofilizatörde ince tabaka kuruma davranışları incelenmiştir. Tepsili kurutucu ve liyofilizatörde kurutulan örnekler için etkin difüzyon katsayıları hesaplanmış ve literatürde sıkça kullanılan Lewis, Page, Henderson and Pabis, logaritmik, two-term ve Midilli et al. ince tabaka kuruma modelleri deneysel verilere uygulanmıştır. Ayrıca taze ve kurutulmuş örneklerin; C vitamini, toplam antioksidan aktivite ve fenolik madde içerikleri ile meyve içi renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , C, WI) belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada kullanılan taze ve tam olarak olgunlaşmış dağ çilekleri, Aydın ili Efeler ilçesi Zeytin Köyü'nden temin edilmiştir. Taze örnekler yıkanıp dilimlendikten sonra analize hemen alınmış, liyofilizatörde kurutulacak örnekler ise yıkanıp dilimlendikten sonra analizlere kadar $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 'de dondurucuda (MDF-U443, Sanyo, Osaka, Japonya) depolanmıştır.

Dağ çileğinin kurutulması ve kurutmanın matematiksel modellenmesi

Yıkanıp, fazla suyu uzaklaştırılan ve 1.00 ± 0.13 cm kalınlığında dilimlenen tam olgunlaşmış dağ çilekleri $60\text{ }^\circ\text{C}$ ve 0.6 m/s sabit hava hızında tepsili kurutucuda (UOP8, Armfield, Hampshire, İngiltere)

kurutulmuştur. Tekdüze olarak alüminyum tepsiye (18×27 cm) yerleştirilen örneklerin ağırlıkları ilk saat 5'er dakika aralıklarla, daha sonra 30 dakika aralıklarla toplam 16 saat süreyle kaydedilmiştir. Dondurarak kurutma işlemi liyofilizatörde (FT33, Armfield, Hampshire, İngiltere) gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi öncesi örnekler, $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 24 saat boyunca dondurulmuş ve kondenser sıcaklığı $-50\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ ve plaka sıcaklığı $10\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanmış liyofilizatörde, alüminyum petri kapları içerisinde yaklaşık 12 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan örnekler sızdırmaz cam kaplarda analizlere kadar $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanmıştır. Kurutma işlemi 2 paralel 3 tekrür halinde gerçekleştirilmiştir.

Dağ çileği örneklerinin nem difüzyonunun belirlenmesinde Fick'in ikinci kanunundan yararlanılmıştır. Plaka şeklinde malzemeler için azalan kuruma hızı bölgesinde difüzyon eşitliği için bazı varsayımlar göz önüne alınmaktadır. Bunlar; kurutma işlemi sırasında nem transferinin yalnızca difüzyon ile gerçekleştiği, kuruma sırasında üründe büzüşme olmadığı, ortamdaki sıcaklık ve basınç değişimlerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğudur (17-20). Sonsuz levha için Fick kanunu Eşitlik 1'de gösterilmiştir;

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[-(2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{etkin} t}{L^2} \right] \quad (1)$$

Bu eşitlikte belirtilen MR boyutsuz nem oranını, M_0 başlangıç nem miktarını ve M_e ise denge nem miktarını göstermektedir. M ise herhangi bir t anında ürünün nem miktarıdır. L buharlaşmanın iki yönden gerçekleştiği durumlarda levhanın yarı kalınlığını (m) ve Detkin etkin difüzyon katsayısını (m^2/s) temsil etmektedir (19, 20). Uzun kuruma süreleri için Eşitlik 1'de gösterilen seri basitleştirilerek Eşitlik 2'de belirtilen ilk terimi difüzyon katsayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır (19, 20).

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

Örneklerin etkin difüzyon katsayıları (D_{etkin}), kuruma süresine karşılık çizilen $\ln(MR)$ grafiğinin eğiminden hesaplanmıştır (21).

$$k = \frac{(\pi^2 D_{etkin})}{4L^2} \quad (3)$$

Tepsili kurutucu ve liyofilizatörde gerçekleştirilen kurutma işleminde örneklerin kuruma davranışının belirlenmesi amacıyla Çizelge 1'de yer alan altı ince tabaka kuruma modeli Matlab 7.12.0 (MathWorks Inc., USA) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Deneysel ve tahminlenen verilerin birbirleri ile istatistiksel uyumu; düzeltilmiş belirleme katsayısı (adj-R^2) (Eşitlik 4 ve 5), indirgenmiş ki-kare (χ^2) (Eşitlik 6) ve hataların ortalama karekökü (RMSE) (Eşitlik 7) değerleri kullanılarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Kuruma eğrilerine uygulanan matematiksel modeller
Table 1. Mathematical models fitted to experimental drying data

Model adı Model name	Model denklemleri Model equation	Kaynak Reference
Lewis	MR = exp (-kt)	19; 22; 23
Page	MR = exp (-kt ⁿ)	19; 22; 23
Henderson and Pabis	MR = aexp (-kt)	19; 22; 23
Logaritmik	MR = aexp (-kt) + c	19; 22; 23
Two-term	MR = aexp (-k ₀ t) + bexp (-k ₁ t)	19; 22; 23
Midilli et al.	MR = aexp (-kt) + bt	19; 22; 23

$$Adj - R^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{N-1}{N-m-1} \quad (4)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i}) \sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i})^2][\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})^2]}} \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-n} \quad (6)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [(MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2] \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Eşitliklerde kullanılan $MR_{pre,i}$ tahminlenen nem oranını, $MR_{exp,i}$ deneysel nem oranını, N gözlem sayısını, m regresyon parametrelerinin sayısını ve n ise sabitlerin sayısını temsil etmektedir (19).

Kimyasal Analizler ve Renk değerleri

Taze ve kurutulmuş dağ çileği örneklerinin C vitamini içeriği Hışıl (2007)'de belirtilen yöntemle göre askorbik asit cinsinden spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir (24).

Taze ve kurutulmuş çilek örneklerinin fenolik madde içeriği Cemeroglu (2007)'de belirtilen yöntemle göre tayin edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda 760 nm dalga boyunda gallik asit için standart eğri çizilmiş, örnekler için toplam fenolik madde içerikleri, standart eğri kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g km örnek olarak belirtilmiştir (25).

Taze ve kurutulmuş çilek örneklerinin toplam antioksidan aktivitesi ABTS.+ radikali indirgenmesiyle Cemeroglu (2007)'de belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. 734 nm'de troloks için standart eğri çizilmiştir. Ekstrakte edilen örneklerden ABTS.+ radikalinin % inhibisyon grafiği elde edilerek Eşitlik 8'den toplam antioksidan madde içeriği mM Troloks/g km örnek olarak hesaplanmıştır (25).

$$\text{Troloks eşdeğeri antioksidan içerik} = \frac{\text{örnek eğimi}}{\text{standart eğri eğimi}} \quad (8)$$

Taze ve kurutulmuş dağ çileği örneklerinin meyve içi (et kısmı) renk ölçümleri Minolta renk cihazı (CR-400, Konika Minolta Sensing, Japonya) ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen L*, a* ve b* değerleri kullanılarak Khan ve ark. (2014) çalışmasında belirtildiği gibi; toplam renk değişimi (ΔE^*), chroma (C*) ve beyazlama

indeksi (WI) değerleri aşağıda belirtilen denklemlere göre hesaplanmıştır;

$$\Delta E^* = \sqrt{[(L^* - L_{taze}^*)^2 + (a^* - a_{taze}^*)^2 + (b^* - b_{taze}^*)^2]} \quad (9)$$

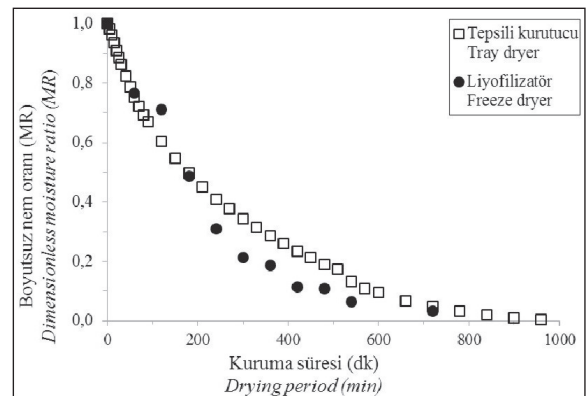
$$C^* = \sqrt{[(a^*)^2 + (b^*)^2]} \quad (10)$$

$$WI = 100 - \sqrt{[(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]} \quad (11)$$

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dağ çileğinin kurutulması ve kurutmanın matematiksel modellemesi

Tam olarak olgunlaşmış, 2.299±0.011 kg su/kg kuru madde başlangıç nem içeriğine sahip dağ çileği örnekleri, tepsili kurutucuda 0.156±0.001 kg su/kg kuru madde içeriğine, liyofilizatörde ise 0.160±0.001 kg su/kg kuru madde içeriğine kadar kurutulmuştur. Şekil 1'de her iki kurutma yöntemine ait ortalama boyutsuz nem grafiği verilmiştir. Şekil incelendiğinde liyofilizatör ile kuruyan örneklerin, tepsili kurutucuda kuruyan örneklerle kıyasla daha kısa sürede benzer nem içeriğine ulaştığı görülmektedir. Her iki kurutma yöntemi için kurumanın azalan kuruma hızı bölgesinde olduğu,



Şekil 1. Dağ çileğine ait ortalama boyutsuz nem içeriğinin kuruma süresine bağlı değişimi

Figure 1. Dimensionless moisture ratio versus time.

sabit kuruma hızının görülmediği belirlenmiştir. Meyvenin sahip olduğu pürüzlü kabuk yapısı ve meyve dokusu kurumaya karşı bir direnç oluşturmakta olup, meyvenin tam olarak kurutulabilmesi

için çok daha uzun kuruma sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle liyofilizasyon sırasında yoğun enerji tüketimi, kurutulmuş ürünlerin ekonomik değerini oldukça yükseltmekte, ancak üründe büzüşmenin olmaması, besin içeriğinin diğer kurutma yöntemlerine kıyasla korunması, kuru ürünün canlı rengini ve aromasını koruması bu kurutma yönteminin bazı gıda ürünleri için tercih edilmesine yol açmaktadır (14). Liyofilizasyon işlemi sırasında dondurma, vakum uygulanması, süblimasyon ve kondensasyon sırasında enerji tüketilmekte olup 1 kg suyu buharlaştırmak için 6000 kJ'den fazla enerjiye ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (27). Sıcak hava ile kurutmada ise daha düşük enerji tüketimi olmasına karşın (liyofilizatöre göre 4-8 kat daha düşük), kurutulan gıdanın yüzeyinde sıcaklık yükselmesi ile kabuk oluşumu ve büzüşme gerçekleşirken ısı etkisiyle Maillard reaksiyonlarını destekleyerek üründe pişmiş/yanmış renk oluşumuna yol açabilmektedir (27).

Kuruma eğrilerine uygulanan matematiksel modellere ait istatistiksel sonuçlar Çizelge 2' de gösterilmektedir. İncelenen modellerin tümünde, yüksek düzeltilmiş belirleme katsayısı (>0.97) değerleri elde edilmiştir. Ancak en yüksek düzeltilmiş belirleme katsayısı ve en düşük indirgenmiş ki-kare ve RMSE değerleri Page modelinden elde edilmesi sebebiyle dağ çileği örneklerinin deneysel kuruma davranışını en iyi bu modelin temsil ettiği belirlenmiştir. Her iki kurutma yöntemi için Page modelinin deneysel sabitleri ve difüzyon katsayıları Çizelge 3' te yer almaktadır. Olanipekun ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, farklı kurutma yöntemleri (sıcak hava, mikrodalga ve güneşte

kurutma) ile ananas dilimleri kurutulmuş ve 60°C' lik sıcak hava ile kurutulmuş örneklerde de bu çalışmaya benzer şekilde Page modelinin deneysel kuruma değerlerine en uygun matematiksel model olduğu belirlenmiştir. Örneklerin ln (MR)'a karşılık kuruma süresi grafiğinin eğiminden difüzyon katsayıları hesaplanmış olup, liyofilizasyon yöntemi ile kurutmada, tepsili kurutucuya kıyasla daha yüksek etkin difüzyon katsayısı elde edilmiştir. Şekil 1'de gösterildiği üzere, liyofilizatörde kurutulan örnekler, tepsili kurutucuda kurutulan örneklere göre benzer nem içeriğine daha kısa sürede ulaşmıştır.

Kimyasal Analizler ve Renk değerleri

Taze ve kurutulmuş dağ çileği örneklerine ait C vitamini içerikleri Çizelge 4'te verilmiştir. Taze örneklere ait C vitamini değeri 170.53±8.77 mg askorbik asit/100 g km örnek olarak tespit edilmiştir. Şeker ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada, meyvenin C vitamini içeriği 124-243 mg/100 g yaş ağırlık olarak, Ruiz-Rodriguez ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise 122-262 mg/100 g yaş ağırlık olarak belirtilmiş olup, bu çalışmada taze meyve için bulunan C vitamini değeri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Kurutulan örneklere ait C vitamini değerleri ise, tepsili kurutucu için 76.29±3.58 mg askorbik asit/100 g km ve liyofilizatör için ise 107.84±1.16 mg askorbik asit/100 g km örnek olarak bulunmuştur. Çalışmamıza benzer şekilde, Orak ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada liyofilizatörde kurutulan dağ çileğinin toplam C vitamini içeriği, sıcak hava ile kurutulan örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada belirtilen taze (528.42±18.44 mg askorbik asit/100 g km),

Çizelge 2. Kuruma eğrilerine uygulanan kuruma modellerin istatistiksel sonuçları
Table 2. Statistical results of tested models

Model	Tepsili Kurutucu Tray dryer			Liyofilizatör Freeze dryer		
	adj- R ²	χ ²	RMSE	adj- R ²	χ ²	RMSE
Newton	0.9943	0.00068	0.02568	0.9740	0.00292	0.05400
Page	0.9963	0.00044	0.02058	0.9851	0.00167	0.04081
Henderson and Pabis	0.9959	0.00049	0.02179	0.9737	0.00295	0.05431
Logaritmik	0.9959	0.00050	0.02179	0.9737	0.00332	0.05431
Two-term	0.9957	0.00052	0.02244	0.9662	0.00379	0.06158
Midilli <i>et al.</i>	0.9963	0.00045	0.02067	0.9812	0.00211	0.04588

Çizelge 3. Page modeli deneysel sabitleri ve difüzyon katsayıları.
Table 3. Constants of Page model and effective diffusion coefficients

Kurutucu Dryer type	k	n	D _{etkin} Deff (m ² /s)
Tepsili kurutucu Tray dryer	0.006091	0.9171	8.55x10 ⁻¹⁰
Liyofilizatör Freeze dryer	0.001026	1.2650	9.40x10 ⁻¹⁰

liyofilizatörde kurutulmuş (396.46 ± 16.38 mg askorbik asit/100 g km) ve sıcak hava ile kurutulmuş (246.95 ± 16.78 mg askorbik asit/100 g km) örneklerin C vitamini içerikleri, çalışmamızdan oldukça yüksek bulunmuştur.

Dağ çileği örneklerinin fenolik madde içeriği Çizelge 4'te verilmiştir. En yüksek fenolik madde 2.42 ± 0.01 mg GAE/ g km ile taze örneklerde, en düşük fenolik madde ise 1.62 ± 0.01 mg GAE/g km ile tepsili kurutucuda kurutulmuş örneklerde elde edilmiştir. Çalışmaya benzer şekilde Orak ve ark. (2012), taze, sıcak hava (65°C) ve liyofilizatörde (-40°C) kurutulmuş dağ çileği örneklerinden, en yüksek fenolik madde içeriklerinin taze örneklerde, en düşük fenolik madde içeriğinin ise sıcak hava uygulanarak kurutulmuş örneklerde olduğunu belirlemişlerdir. Ruiz-Rodriguez ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, farklı yıllarda hasat edilen dağ çileği örnekleri için toplam fenolik madde içeriği $951-1973$ mg GAE/100 g yaş ağırlık olarak belirtilmekte olup, bu çalışmada taze örnek için verilen değerlere yakın olduğu görülmektedir. Kurutma sırasında uzun süreler sıcak havaya maruz kalan çileğin fenolik madde içeriği azalmış, ancak literatüre benzer şekilde liyofilizatörde kurutulmuş örneklerde fenolik madde kaybı tepsili kurutucuda kurutulmuş örneğe kıyasla daha düşük çıkmıştır (13).

Taze ve kurutulmuş dağ çileği örneklerine ait toplam antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4'te görülmektedir. Taze örneklere ait toplam antioksidan miktarı 21.10 ± 0.01 mM Troloks/g km dağ çileği olarak tespit edilirken; kurutulmuş örneklere ait değerler tepsili kurutucu ve liyofilizatör için sırasıyla 2.83 ± 0.00 ve 3.86 ± 0.00 mM troloks/g km dağ çileği olarak bulunmuştur. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında; liyofilizatörde kurutulmuş örneklerde toplam antioksidan aktivite değerlerinin, tepsili kurutucuda kurutulmuş örneklerden daha yüksek olması, liyofilizatör ile kurutma süresinin daha düşük olmasıyla ilişkilendirilebilir. Literatür incelendiğinde kurutulmuş veya taze dağ çileğinin troloks eşdeğeri cinsinden toplam antioksidan aktivite değeri bulunmadığı görülmektedir. Ancak

diğer çilek çeşitlerinde taze örnekler için toplam antioksidan aktivite değerleri incelendiğinde; iki farklı türe ait çilek posasında $68.34-71.71$ mmol troloks/g (29), farklı genotipe ait ve farklı zamanlarda hasat edilen çileklerde ise $5.9-8.9$ mmol troloks/kg yaş ağırlık olarak bulunmuştur (30).

Taze ve kurutulmuş dağ çileği örnekleri için renk analizi sonuçları Çizelge 5'te görülmektedir. Örneklerin parlaklık değerleri (L^*) $46.53-83.68$ arasında değişirken, en az parlaklık değerinin tepsili kurutucuda kurutulmuş örneklerde olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın sıcak hava etkisiyle meyvede Maillard reaksiyonları gerçekleşerek oluştuğu düşünülmektedir. Literatüre benzer şekilde (13), sıcak hava ile liyofilizatörde kurutulmuş örneklerin parlaklık değeri karşılaştırıldığında, liyofilizatörde kurutulmuş örneklerin taze örnekten ve sıcak hava ile kurutulmuş örnekten daha yüksek olduğu görülmektedir. Liyofilizatörde kurutulmuş örneklerde, parlaklık değeri (L^*) ve sarılık değerinin artışı ($+b^*$), toplam renk değişimi (ΔE^*) ve beyazlama indeksi değerlerinde artışa yol açmıştır. Tepsili kurutucuda kurutulmuş örneklerde; kırmızılık ($+a^*$) değerinin taze örneğe kıyasla daha yüksek olmasına karşın, toplam renk değişimi liyofilizatörde kurutulmuş örneklerden daha düşük bulunmuştur. Sıcak hava etkisiyle meyve yüzeyinde Maillard reaksiyonlarına bağlı olarak ortaya çıkan esmerleşmenin (27), tepsili kurutucuda parlaklık değerinin azalması ve kırmızılık değerinin artmasına yol açtığı düşünülmektedir.

Dağ çileği; C vitamini, fenolik madde ve toplam antioksidan madde içeriği yüksek bir meyve olmakla beraber, meyvenin doğal olarak ve belirli bölgelerde yetişmesi, kısa süreli olarak hasat edilmesi sebebiyle ihracat potansiyeli olan bu meyveden ülkemiz ekonomik açıdan yeteri kadar faydalanamamaktadır. Ayrıca olgun meyvelerin yumuşak dokusu, meyvenin hızla bozulmasına sebep olmakta ve ürünün işlenmiş olarak kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada dağ çileği meyvesinin iki farklı kurutucu ile kurutma kinetiği incelenmiş ve deneysel sonuçlar ile ince tabaka kurutma modellerinin uyumluluğu

Çizelge 4. Taze ve kurutulmuş dağ çileğinin C vitamini, fenolik madde ve toplam antioksidan aktivitesi
Table 4. Vitamin C, phenolic content and total antioxidant activity of fresh and dried wild strawberry

Örnek Sample	C vitamini (mg askorbik asit/100 g km) Vitamin C (mg ascorbic acid/ 100 g dm)	Fenolik madde (mg GAE/g km) Phenolic content (mg GAE/ g dm)	Toplam antioksidan aktivite (mM Troloks/g km) Total antioxidant activity (mM Trolox eq./ g dm)
Taze Fresh	170.53 ± 8.77	2.42 ± 0.01	21.10 ± 0.01
Liyofilizatörde kurutulmuş Freeze dried	107.84 ± 1.16	1.65 ± 0.02	3.86 ± 0.00
Tepsili kurutucuda kurutulmuş Dried in tray dryer	76.29 ± 3.58	1.62 ± 0.01	2.83 ± 0.00

Çizelge 5. Kurutma yöntemlerinin meyve içi renk özellikleri üzerindeki etkileri
Table 5. Effect of dryer type on fruit flesh colour

Kurutma yöntemi Type of dryer	L*	a*	b*	ΔE*	C*	WI
Taze Fresh	49.62±2.32	7.42±0.53	38.49±3.22	-	39.20±3.56	36.12±3.44
Tepsili Kurutucu Tray dryer	46.53±2.86	11.70±1.58	28.04±3.13	12.42±3.15	30.50±3.46	38.05±1.85
Liyofilizatör Freeze dryer	83.68±1.92	5.28±2.39	43.17±4.38	34.82±1.75	43.54±4.74	53.47±4.81

belirlenmiştir. Kurutma işlemiyle meyvenin yapısındaki biyoaktif bileşenlerde (C vitamini, fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite) azalma olmuş ve kurutulmuş meyvelerde tazeye kıyasla renk değerlerinde değişim gözlenmiştir. Ancak liyofilizatör ile kurutulan örneklerde C vitamini, fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri, tepsili kurutucuya kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Kurutma işlemi, özellikle liyofilizasyon, enerji yoğun bir işlem olması sebebiyle kurutma süresinin kısaltılmasıyla enerji maliyetleri düşecek, ayrıca kuru üründe kalite kayıpları oldukça azaltılmış olacaktır. İleriki çalışmalarda farklı kurutucular kullanılması veya kurutma öncesi ön işlem uygulanmasının dağ çileğinin kuruma süresine ve kuru ürün kalite özelliklerine etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Miguel MG, Faleiro ML, Guerreiro AC, Antunes MD. 2014. *Arbutus unedo L.*: chemical and biological properties. *Molecules*, 19(10), 15799-15823.
- Özcan MM, Hacısferoğulları H. 2007. The Strawberry (*Arbutus unedo L.*) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *J Food Eng*, 78 (3), 1022-1028.
- Gomes MFFN. 2011. Strategies for the improvement of *Arbutus unedo L.* (strawberry tree): *in vitro* propagation, mycorrhization and diversity analysis. Universidade De Coimbra PhD thesis, Portugal, 216 p.
- Ayaz FA, Küçükismailoğlu M, Reunanen M. 2000. Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutus unedo L. var. ellipsoidea*) fruits. *J Food Compos Anal*, 13, 171-177.
- Şeker M, Yücel Z, Nurdan E. 2004. Çanak kale yöresi doğal florasında bulunan kocayemiş (*Arbutus unedo L.*) popülasyonunun morfolojik ve pomolojik özelliklerinin incelenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(4), 422-427.

- Ruiz-Rodriguez BM, Morales P, Fernandez-Ruiz, V, Sanches-Mata MC, Camara M, Diez-Marques C, Pardo-de Santayana M, Molina M, Tardío J. 2011. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo L.*) through nutritional assessment and natural production data. *Food Res Int*, 44, 1244-1253.

- Mendes L, de Freitas V, Baptista P, Carvalho M. 2011. Comparative antihemolytic and radical scavenging activities of strawberry tree (*Arbutus unedo L.*) leaf and fruit. *Food Chem Toxicol*, 49(9), 2285-2291.

- Malheiro R, Sá O, Pereira E, Aguiar C, Baptista, P, Pereira JA. 2012. *Arbutus unedo L.* leaves as source of phytochemicals with bioactive properties. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 473-478.

- Bouزيد K, Benali FT, Chadli R, Bouzouina M, Bouzid A, Benchohra A. 2014. Extraction, identification and quantitative HPLC analysis of flavonoids from fruit extracts of *Arbutus unedo L.* from Tiaret area (Western Algeria). *Eur J Mol Biotechnol*, 6(4), 160-168.

- Olveria I, Baptista P, Malheiro R, Casal A, Pereira JA. Influence of strawberry tree (*Arbutus unedo L.*) fruit ripening stage on chemical composition and antioxidant activity. 2011. *Food Res Int*, 44, 1401-1407.

- Brennan JG. (Ed.). 2006. *Food Processing Handbook*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 85 p.

- Law CL, Chen HHH, Mujumdar AS. 2014. Drying. In: *Encyclopedia of Food Safety, Food Technologies*, Volume 3, 156-167.

- Orak HH, Aktas T, Yagar H, İşbilir SS, Ekinci, N, Sahin, FH. 2012. Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo L.*) fruit. *Food Sci Technol Int*, 18(4), 391-402.

- Schössler K, Jäger H, Knorr D. 2012. Novel contact ultrasound system for the accelerated freeze drying of vegetables. *Innovative Food Sci Emerg Technol*, 16, 113-120.

15. Bezerra CV, Meller da Silvia LH, Correa DF, Rodrigues AMC. 2015. A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel. *Int J Heat and Mass Transfer*, 85, 750-755.
16. Türk-Toğrul İ, Pehlivan D. 2004. Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. *J Food Eng*, 65, 413-425.
17. Özdemir M, Devres YO. 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *J Food Eng*, 42, 225-233.
18. Demirtas C, Ayhan T, Kaygusuz K. 1998. Drying behaviour of hazelnuts. *J Sci Food Agric*, 76, 559-564.
19. Çakmak H, Kumcuoğlu S, Tavman Ş. 2014. Mathematical modeling and thin layer drying of chicken meat enriched baguette bread slices. *GIDA*, 39 (3), 131-138.
20. Perry RH, Green DW. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7th Edition, McGraw Hill Professional, USA, 2400 p.
21. Crank J. 1975. *The mathematics of diffusion*. 2nd Edition, Clarendon Press Oxford, UK, 414 p.
22. Midilli A, Kucuk H, Yapar Z. 2002. A new model for single layer drying. *Dry Technol*, 20 (7), 1503-1513.
23. Kavak-Akpınar E. 2006. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. *J Food Eng*, 73, 75-84.
24. Hışıl, Y. 2007. *Enstrümental Gıda Analizleri Laboratuvar Deneyleri*. Ege Üniversitesi Basımevi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları No: 45, İzmir, Türkiye, 41 s.
25. Cemeroğlu B. 2007. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Ankara, Türkiye, 535 s.
26. Khan MKI, Cakmak H, Tavman Ş, Schutyser M, Schroën. 2014. Anti-browning and barrier properties of edible coatings prepared with electrospraying. *Innovative Food Sci Emerg Technol*, 25, 9-13.
27. Chen XD, Mujumdar AS (eds). 2008. *Drying Technologies in Food Processing*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 322 p.
28. Olanipekun BF, Tunde-Akintunde TY, Oyelade OJ, Adebisi MG, Adenaya TA. 2015. Mathematical modeling of thin-layer pineapple drying. *J Food Process Pres*, 39, 1431-1441.
29. Saponjac VT, Girones-Vilaplana A, Djilas S, Mena P, Cetkovic G, Moreno DA, Canadanovic-Brunet J, Vulic J, Stajic S, Vincic M. 2015. Chemical composition and potential bioactivity of strawberry pomace. *RSC Adv*, 5, 5397-5405.
30. Gündüz K, Özdemir E. 2014. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. *Food Chem*, 155, 298-303.

ISIL OLMAYAN YENİ GIDA MUHAFAZA TEKNİKLERİNİN SANAYİ UYGULAMALARI-1

Engin Güven^{1*}, Hasan Yıldız²

¹Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojileri Bölümü, Yalova

²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş tarihi / *Received*: 04.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 13.02.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 17.02.2016

Özet

Isıl işlem uygulamaları ile gıdalarda meydana gelen çeşitli kayıplar ve tüketicilerin besin içerikleri ve duyu kalitesi daha yüksek gıdalara olan talebi yeni gıda muhafaza tekniklerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Isıl olmayan yeni tekniklerden yüksek basınç, ultraviyole ışık ve ışınlama, son yıllarda gıda sanayinde bazı gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Ultraviyole ışık ve vurgulu ışık gıda sanayinde işletme ekipmanlarının ve ortamının mikrobiyel yükünün azaltılması ve ambalaj malzemelerinin sterilizasyonu amacıyla da kullanılmaktadır. Isıl olmayan yeni muhafaza teknikleri ile işlenen gıdalar besin içerikleri ve duyu özellikleri bakımından ısıl işlemlere alternatif olmakla birlikte ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması ve işlem parametrelerinin tam olarak ortaya koyulmamış olması gibi nedenlerle dünya genelinde henüz yaygınlaşmamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte önümüzdeki yıllarda bu yeni gıda muhafaza tekniklerinin gıda sanayinde kullanımının artacağı tahmin edilmektedir. Bu derlemede ısıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu ışık ve ışınlamanın gıda sanayindeki endüstriyel uygulamaları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gıda sanayi, yeni muhafaza teknikleri, tüketici istekleri, yüksek kalite

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF NON-THERMAL NOVEL FOOD PRESERVATION TECHNIQUES-1

Abstract

Losses in foods caused by thermal processing and high demand for nutritious and high quality foods by consumers have brought about the need for novel food preservation techniques. High pressure processing, ultraviolet light, and irradiation are some of the non-thermal novel technologies which have been in use for inactivation of microorganisms for certain foods in the food industry in recent years. Ultraviolet light and pulsed light are also used for reduction of microbial load of environment, food processing equipments, and packaging materials in the food industry. Although processing of foods with these non-thermal novel preservation techniques is a viable alternative to thermal processing, they have been limitedly used in the food industry due to high investment cost and uncertainty on process parameters for specific foods. This review will address applications of novel non-thermal food preservation techniques such as high pressure processing, ultraviolet light, pulsed light, and irradiation in the food industry.

Keywords: Food industry, new preservation techniques, consumer requests, high quality

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ enginguven16@hotmail.com,

☎ (+90) 2226 814 2520,

☎ (+90) 226 814 1146

GİRİŞ

Günümüzde tüketiciler duyuşsal özellikleri doğal ve tazeye en yakın gıdalar talep etmektedirler. Geleneksel gıda muhafaza tekniği olan ısıı işlem uygulamalarında gıda bileşenlerinde ve gıdaların duyuşsal özelliklerinde istenmeyen çeşitli kayıplar yaşanmaktadır. Bu yüzden yeni gıda muhafaza tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan araştırmalar ısıı olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin gıdalarda tüketicilerin arzu ettiği özellikleri sağlayabileceğini ve ısıı işleme alternatif olabileceğini göstermektedir. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda ısıı olmayan yeni muhafaza tekniklerinin bir kısmı gıda sanayinde uygulamaya geçerken bazılarının sanayiye uygunluğu ve adaptasyonu ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir (1, 2).

Bu derlemede ısıı olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu ışık ve ışınlama teknolojilerinin gıda sanayindeki uygulamaları üzerinde durulmuştur.

YÜKSEK BASINÇ

Yüksek basınç işlemi gıda sanayinde uygulama alanı bulan yeni muhafaza tekniklerinden biridir. Yüksek basınç işleminde 100-1000 MPa değerleri arasında basınç, düşük ya da orta sıcaklıklarda (10-60°C) uygulanarak gıda maddelerinin muhafazası sağlanmaktadır (2, 3). Fakat bu uygulamalar bakteri sporlarının inaktive edilmesinde yeterli olmamaktadır. Bu nedenle spor içeren düşük asitli gıdaların muhafazasında basınçla (500-900 MPa) birlikte birkaç dakika süre ile sıcaklığın da arttırılması (90-120°C) gerekmektedir (2). Halen yaygın olarak kullanılmakta olan ısıı teknolojilere kıyasla bu yeni teknolojide sistemin ihtiyaç duyduğu enerji miktarı daha düşüktür. Bu yöntemde, vitaminler gibi küçük moleküllu besin elementleri de stabil kalabilmektedir (4). Basınç gıdaya anında ulaştığından ısıtma ve soğutma sürelerinin neden olduğu zaman ve kalite kayıpları oluşmamaktadır (5). Kimyasal koruyucu maddelerin kullanımı azaltılmakta ya da hiç kullanılmamaktadır (1). Sıvı ve katı gıdalara uygulanabilmekte olup, ürünün geometrisi ve büyüklüğüne doğrudan bağımlı değildir. Özellikle yüksek asitli gıdalarda başarılı sonuçlar elde edilmektedir (5, 6). Bununla birlikte belli miktarda su içeriğine sahip olmayan kuru gıdalarda yüksek basınç işlemi ile mikroorganizmaların inaktivasyonu etkili bir şe-

kilde yapılamamaktadır (6). Ayrıca yüksek basınç işleminin bazı enzimler ve mikroorganizmalara karşı etkisi daha azdır (1). Bu tekniğin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için gıda maddesinde iç hava boşlukları olmamalıdır. Yüksek basınç, iç hava boşlukları olan çilek ve süngerimsi yapıdaki şekerleme gibi gıda maddelerine uygulandığında bu tip gıdaların ezilerek zarar görmelerine neden olmaktadır (6).

Yüksek basınç teknolojisi gıda işleme yöntemi olarak ilk defa 1899 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) "Batı Virginia Üniversitesi"nde süt, meyve suyu, et ve çeşitli meyvelerin muhafazası amacıyla uygulanmıştır (1, 2, 4). Yüksek basınç işlemi ile ilgili araştırmalar 20. yüzyılın başlarında (1909-1959) yoğun bir şekilde yapılmıştır (2). Fakat yüksek basınç ekipmanlarının üretiminde yaşanan zorluklar ve ambalajlı olarak işlenen gıdaların işlenmesi sırasında kullanılan ambalaj materyallerinin yetersizlikleri araştırmaları durdurmuştur. 1970'li yıllara gelindiğinde yeni yüksek basınç ekipmanları ve ambalaj materyalleri geliştirilmiş ve 1980'li yıllarda gıdalar üzerinde yapılan yüksek basınç araştırmaları tekrar başlamıştır (1).

Yüksek basınç işlemi ile üretilmiş ilk ticari ürünler 1990 yılında Japonya'da üretilerek satılmıştır (1, 2). Bir şirket elma, kivi, çilek ve ahududu reçeline esnek kapaklı plastik paketler içinde yüksek basınç uygulamıştır. Raf ömrü iki ay olan bu reçeller enzim aktivitesinin önlenmesi amacıyla soğukta muhafaza edilmişlerdir. İki farklı şirket ise yüksek basınç teknolojisini kullanarak portakal suyu ve greyfurt suyu üretmişler, ancak 1990'lı yıllarda bu ürünlerin maliyeti geleneksel ürünlerin maliyetinin 3-4 katı daha fazla olmuştur (1). Yüksek basınç işleminin sanayide ilk uygulamaları Japonya'da başladıktan sonra, ABD'de de üretime geçilmiş olup günümüzde Avrupa'da da bu yöntem kullanılmaktadır (4). Gıda sanayinde meşrubatlar, meyve-sebze ve ürünleri (meyve suları, reçel, avokado ürünleri, elma püresi, vb.), et ürünleri (pişmiş ve kuru jambon), deniz ürünleri, balık, hazır yemekler, hazır çorbalar (4, 7), yoğurt, salata sosları (1) ve ıstiridye gibi farklı gıdaların dayanıklı hale getirilmesi amacıyla yüksek basınç işlemi uygulanmaktadır (6, 8). Bazı gıdalar üzerinde uygulanan yüksek basınç işlemine ait örnek çalışmalar Çizelge 1'de verilmiştir (9-12).

Gıda sanayinde yüksek basınç uygulamalarında kesikli ve yarı sürekli sistemler kullanılmaktadır

Çizelge 1. Gıdalar üzerinde uygulanan yüksek basınç işlemine ait örnek çalışmalar

Gıda	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Karpuz suyu	300-900 MPa / 60 °C / 5-60 dk.	Viskozitede değişiklik olmamıştır.	9
Avokado ezmesi	600 MPa / 23 °C / 3 dk. /45 gün 4 °C'de depolama	Esmerleşme derecesinde azalma olmuştur. Depolama boyunca pH azalmış, duyuusal özelliklerde kayıplar görülmüştür.	10
Tavuk göğsü	300-450-600 MPa / 15 °C / 5 dk.	Basınç arttıkça renkteki ve dokudaki kayıplarda artmıştır.	11
Çorba	650 MPa / 55-65 °C / 10 dk.	<i>Bacillus subtilis</i> sporlarında 4.5 log azalma olmuştur.	12

(2, 4). Katı gıdalar ya da büyük katı parçalar içeren gıdalar sadece kesikli sistemlerle işlenebilirken, sıvı gıdalar, bulamaç yapıdaki gıdalar ya da pompalanabilir gıdalar ise kesikli veya yarı sürekli sistemlerde işlenebilmektedir. Gıda işlemede kullanılan endüstriyel ölçekli kesikli sistemlerde, işlem tankından transfer edilen pompalanabilir gıdalar aseptik dolun ile ambalajlanabilmektedir. Kesikli yüksek basınç sistemlerinde gıdalar genellikle ambalajlı bir şekilde işlenmektedir (4). Bu sistemde gıdalla birlikte basınç uygulanacak ambalaj materyalleri gıdanın tat ve kokusunu etkilememeli ve basınca dayanıklı olmalıdır. Yüksek basınç işlemi uygulanacak ambalajlar genellikle plastik filmlerden oluşmaktadır. Metal kutu ve cam materyaller bu işlem için uygun değildir (13, 14). Endüstriyel ölçekli yarı sürekli sistemler ise temel olarak birbirine bağlı üç tanktan oluşmaktadır. Birinci tankta sıvı ürün doldurulur, ikinci tankta sıvı ürüne basınç uygulanır ve üçüncü tankta ise işlenmiş sıvı ürün boşaltılır. Ardından işlenmiş sıvı ürünler aseptik dolun hattına pompalanarak steril kaplara doldurulur (2).

Yüksek basınç teknolojisi dünyada yaklaşık 2 milyar \$ pazarı olan bir sektördür (15). Yüksek basınç işlemi yaklaşık 15 yıldır gıdaların muhafazası amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmakta ve ticari uygulamalarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu yeni teknoloji özellikle sıvı ve akışkan gıdalarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (2). Bu teknolojiye endüstriyel ölçekteki ekipmanların maliyeti 500 bin-4 milyon € arasında değişmektedir (4). İşlem sıcaklığı, basınç ve kapasiteye bağlı olarak işlem maliyeti ısı işleme kıyasla kilo başına 0.10 \$ daha fazla olabilmektedir (2).

"Avure Technologies" (ABD) firması sanayi amaçlı yüksek basınç ekipmanı üreten firmalardan birisidir. Ürettiği ekipmanların tank hacimleri 35 L ile 700 L arasında değişmektedir. Yüksek basınç tanklarında kapasitelerine göre 600 MPa'a kadar basınç uygulanabilmektedir. Bu teknoloji ile 600 MPa basınçta 3 dakikadan daha kısa sürede

mikroorganizmaların inaktive edilebildiği belirtilmektedir (15). "Hiperbaric" (İspanya) firmasının ürettiği yüksek basınç ekipmanları ile ürünler farklı ambalaj materyalleri ile birlikte işlenebilmekte ya da işlendikten sonra ambalajlanabilmektedir. Bu firmanın ürettiği "Hiperbaric 420" isimli ekipman pazardaki büyük kapasiteli yüksek basınç ekipmanlarından birisidir. Bu ekipman 420 L kapasite, 380 mm çaplı tank ve 8 yüksek basınç hızlandırıcısıyla saatte 2 ton gıda işleyebilmektedir (16). "Uhde" (Almanya) firmasının ticari amaçlı ürettiği yüksek basınç ekipmanları 55-700 litre arasında hacme sahip olup, bu ekipmanlar ile gıdalara 600 MPa'a kadar basınç uygulanabilmektedir (17). Ayrıca "Elmhurst" (ABD) ve "Kobelco" (Japonya) firmaları da gıda sanayi için yüksek basınç ekipmanı üreten firmalara örnek olarak verilebilir (18, 19).

ULTRAVİYOLE IŞIK

Ultraviyole ışık gıda sanayinde gıdaların muhafazası ve gıda ekipmanlarının sterilizasyonu amacıyla uygulanan ısı olmayan yeni teknolojilerden birisidir. Bu yeni uygulamanın temel prensibi, görünen ışık ile X-ışınları arasındaki ultraviyole (UV) bölgede yer alan 200-300 nm dalga boyundaki elektromanyetik UV-C ışınlarının mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisinden yararlanarak mikroorganizmaların inaktive edilmesidir (20). Genel olarak UV-C ışınlarının, uygun dozlarda kullanıldığında gıdalar üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi görülmemektedir (21). Bununla birlikte UV-C ışınlar, gıdalarda serbest radikallerin oluşmasına, vitamin ve proteinlerin zarar görmesine, yağların oksidasyonuna, renkte bozulmalara, lezzet ve aroma maddelerinde kayıplara neden olabilmektedir (22). Bu nedenle, gıdalar için UV-C ışınlarının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için hangi gıdalar için uygun olduğunun belirlenmesi ve bu gıdalar için optimizasyon çalışmalarının tamamlanmış olması önemlidir (21).

Ultraviyole ışınlar gıda sanayinde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Gıdaların mikrobiyel yükünün

azaltılmasının yanı sıra gıda işletmelerindeki (fırın ürünleri, peynir ve et üreten işletmeler vb.) ekipman yüzeylerinin, havanın, suyun ve ambalajlama malzemelerinin (kutu, şişe, karton, tüp, film ve folyo vb.) dekontaminasyonu için de kullanılabilir (23, 24). Çiğ süt, meyve suyu ve nektarları gibi çeşitli içecek ve meşrubatların işlenmesi için geliştirilmiş ve onaylanmış sürekli tip ticari UV ekipmanları üretilmektedir (25). "C&S Equipment Company" (ABD) firması gıdaların yüzey dekontaminasyonunu sağlayan ticari ekipmanlar üreten firmalardan birisidir. Taze ve işlenmiş gıdalarda geniş uygulama olanağına sahiptir. Bunlara taze meyve-sebze ve et, dondurulmuş gıdalar (sebze, meyve, et, deniz ürünleri, fırıncılık ürünleri vb.), pişmiş gıdalar ve soğukta muhafaza edilmesi gereken gıdalar (pasta, peynir vb.) örnek olarak verilebilir (23). İngiltere'de bulunan "Advanced Air Hygiene" firmasının gıda sanayi için ürettiği dekontaminasyon tünellerinde UV-C ışınlarının öldürücü etkisiyle ürün dekontaminasyonu sağlanmaktadır. Bu tünellerde fırıncılık ve meyve-sebze ürünlerinin raf ömürleri arttırılmaktadır. Tüneller üreticilerin isteklerine göre özel olarak üretilebilmektedir. Ayrıca gıdaların işlenmesinde kullanılan bu teknolojinin etiket bilgilerinde belirtilme zorunluluğu da bulunmamaktadır. Söz konusu firmanın ürettiği hava dezenfeksiyon sistemlerinde UV-C ışınlarının dozuna bağlı olarak havada bulunan mikroorganizmalar %99.9'a varan oranlarda inaktive edilebilmektedir. Bu sistemler ayrıca gıda ve meşrubat sanayinde kullanılmaktadır. Aynı firmanın ürettiği yüzey dezenfeksiyon sistemleri ise gıda sanayinde taşıyıcı kayışların, dolmuş makinelerinin, hamur koyulan yüzeylerin, folyo ve plastik kapakların dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır (26). İngiltere'de bulunan "UV Technology Limited" (İngiltere) firması gıda sanayinde ürün, hava, yüzey ve sıvıların dezenfeksiyonu amacıyla ekipmanlar üretmektedir (27). Ayrıca "Hanovia" (İngiltere), "SurePure" (Güney Afrika), "Micro Tek" (İngiltere), "Heraeus" (Almanya) ve "Trojan Technologies" (Kanada) firmaları da gıda sanayi için UV ışık ekipmanı üreten firmalara örnek olarak verilebilir (28-32).

VURGULU IŞIK

Isıl olmayan yeni teknolojilerden biri olan vurgulu ışık teknolojisi gıda sanayinde gıda ambalajlarının sterilizasyonu ya da gıda işletmelerinin mikrobiyel

yükünün azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla geniş spektrumlu beyaz ışık (200-1100 nm) yüksek güçte çok kısa sürelerle (1 µs - 0.1 s) vurgular şeklinde uygulanmaktadır (33, 34). Bu teknolojide foto kimyasal (hücrelerin DNA'ları zarar görür), foto termal (anlık ısı artışı olur) ve foto fiziksel olayların (hücre zarı zarar görür) kombine etkisi ile mikroorganizmalar etkisiz hale getirilmektedir (35, 36).

Vurgulu ışık 1970'li yıllara kadar farklı endüstrilerde kullanılmıştır. Bu teknolojinin gıdalarda laboratuvar ölçekli ilk denemeleri ise 1980'li yıllara dayanmaktadır. ABD'de "Gıda ve İlaç Dairesi" (FDA) vurgulu ışık teknolojisini 1996 yılında gıdalarda ticari olarak kullanılabilir bir yöntem olarak kabul etmiştir (35, 37). Günümüzde gıda sanayinde ambalaj materyallerinin iç ve dış yüzeyleri ile gıda işletmelerinin sterilizasyonu (ekipman, hava vs.) amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (33, 38-41). Ayrıca Dunn ve ark. (1999) tarafından su ve meyve suyu gibi pompalanabilir gıdaların sterilizasyonu için hazırlanmış bir sistem için de patent alınmıştır (35, 42).

Opak (mat) yüzeylerde ışığın absorpsiyonunun sınırlı olması ve geri yansımından dolayı vurgulu ışık gıdanın içlerine işleyememektedir. Ayrıca protein ve yağ içeriği yüksek gıdalarda da vurgulu ışık iyi absorbe edilemediğinden etkisiz olmaktadır. Bu nedenle bu tür gıda maddelerinde vurgulu ışık uygulaması sadece yüzeydeki mikroorganizmaların inaktive edilmesinde etkili olmaktadır. Sınırlı sayıda yapılan çalışmalar daha çok meyveler, sebzeler, toz gıdalar, tohumlar, süt ürünleri, balık ve bal gibi katı ve yarı katı ürünlerin dekontaminasyonu üzerine yoğunlaşmıştır (34, 43). Bu teknoloji, ışığı geçiren sıvı gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonunda daha başarılıdır (35, 36). Vurgulu ışığın gıdalar üzerindeki uygulamaları ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır (37, 43, 44). Bu çalışmalar gıdaların yapısında ve duyu özelliklerinde meydana gelen değişimleri henüz yeterince açıklayamamaktadır (44). Pilot ölçekli ya da sanayi ölçekli araştırmaların yetersizliği ve uygulama parametrelerinin belirlenmemiş olması gibi nedenlerden dolayı henüz gıda sanayinde gıdalar üzerine direk uygulanamamaktadır (39, 41).

Vurgulu ışık ekipmanlarında elektrik enerjisini kısa süreli yüksek güçlü ışık vurgularına dönüştüren inert gazlı flaş lambalar kullanılmaktadır. Bu

ekipmanlar temel olarak elektrik ünitesi, lamba ünitesi, işlem hücresi ve yardımcı birimlerden (kontrol ve soğutma modülleri) oluşmaktadır (33). Bu ekipmanların yatırım maliyetleri 300 bin - 800 bin € arasında değişmektedir (35).

"Xenon Corporation" (ABD), "Claranor" (Fransa) ve "Econos" (Japonya) firmalarının ürettiği ekipmanlar gıda sanayinde kullanılan dolom kaplarının ve ambalaj materyallerinin sterilizasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bu ekipmanların önemli özellikleri; güvenli olmaları, sıcaklığın kontrol edilebilmesi, prosesin hızlı ve esnek olması, işçi güvenliği ve az yer işgal etmesidir (39-41). "Xenon Corporation" (ABD) firmasının ürettiği ekipmanlar gıda işletmelerindeki yüzeylerin, ekipmanların ve havanın mikrobiyel yükünün azaltılması için de kullanılabilir (39).

İŞINLAMA

Gıda ışınlama teknolojisi gıda sanayinde mikroorganizmaların DNA'sını tahrip ederek gıdaların muhafaza sürelerinin uzatılmasını sağlayan yeni tekniklerden birisidir (45-47). Gıda sanayinde ışınlama, kurutulmuş veya taze meyve-sebzelerde, hububatlarda, kabuklu yemişlerde, yağlı tohumlarda, baklagillerde, baharatlarda, bitkisel çaylarda, kanatlı etlerinde, kırmızı ette, balıkta ve deniz ürünlerinde mikrobiyel yükü azaltmak, sterilizasyonu sağlamak, olgunlaşmayı geciktirmek, böceklenmeyi önlemek ve paraziter enfeksiyonların kontrolü gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Ayrıca patates ve soğan gibi yumru gıdalarda filizlenmeyi önlemek amacıyla da kullanılabilir (48, 49). Genel olarak karbonhidratlar, proteinler ve yağlar gibi yapılar 10 kGy'e kadar ki ışınlama dozlarından çok fazla olumsuz etkilenmezler. Diğer taraftan ışınlama avokado, armut, kavun ve erik gibi bazı meyvelerin hücre duvarlarına zarar vererek ürünlerin yumuşamasına neden olmaktadır. Süt ve süt ürünlerinde duyuusal özelliklerin bozulmasına,

et ürünlerinde uygulanan yüksek doz istenmeyen koku ve lezzet bileşenlerinin oluşmasına neden olabilmektedir (50).

Radyasyonla ışınlanmış gıdaların uluslararası bir sembol olan "radura" sembolüyle işaretlenmesi zorunludur. Ticari olarak işlenen gıdaların radyasyonla ışınlanmasında gama ışınları kullanılmaktadır (45, 46). Işınlamanın en önemli avantajlarından birisi ambalajlanmış ürünlere uygulanabilmesidir. Gıda sanayinde ışınlama uygulaması hangi gıdalara ve hangi dozlarda uygulanacağı "Uluslararası Gıda Kodeksi Komisyonu" tarafından belirlenmiştir (46). Türkiye'de de 06.11.1999 tarihinde yayınlanan "Gıda Işınlama Yönetmeliği" ile yedi ayrı gıda grubuna hangi dozlarda uygulanacağı belirlenmiştir. Bu yönetmelikte yer alan gıda grupları ve uygulanmasına izin verilen maksimum ışınlama dozları Çizelge 2'de verilmiştir (48).

Gıda ışınlamanın tarihi 1895 yılında X-ışınlarının ve 1896'da radyoaktivitenin keşfedilmesine dayanmaktadır. 1905, 1921 ve 1930 yıllarında gıda ışınlama ile ilgili ilk patentler alınmıştır (45, 47). İlk ticari uygulama 1957 yılında Almanya'da baharatların ışınlanması amacıyla yapılmıştır (51). 1970'li yıllarda ışınlanmış gıdaların sağlık yönünden güvenilirliği ile ilgili çalışmalar başlatılmış ve halen en çok gündeme gelen ve ışınlanmış gıdaların ticaretinde etkili olan bir konudur. Ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler 1980'li yıllarda başlamıştır (49). 1997 yılında "Dünya Sağlık Örgütü" (WHO), "Gıda ve Tarım Örgütü" (FAO) ve "Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı" (IAEA) tarafından oluşturulan komisyon ışınlamanın uygun dozlarda kullanıldığında güvenli ve etkili bir yöntem olduğunu ve ayrıca gıdaların besin değerini koruduğunu kabul etmiştir (47, 52).

Günümüzde gıda ışınlama 55'in üzerinde ülkede onaylanmış olup, dünya çapında 68 adet kayıtlı

Çizelge 2. Ülkemizde yedi farklı gıda grubuna uygulanmasına izin verilen maksimum ışınlama dozları* (48)

Gıda Grubu	Doz (kGy) Maksimum
Soğanlar, kökler ve yumrular	0.2
Taze meyve ve sebzeler (soğan, kök ve yumruların dışındakiler)	2.5
Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	5.0
Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	5.0
Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	7.0
Kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	10.0
Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	3.0

* Gıda Işınlama Yönetmeliği'ne ait EK 1'de yer alan çizelgeden özetlenmiştir.

gıda ışınlama tesisi vardır. Bunların 25 tanesi Asya ve Avustralya'da bulunmaktadır (47). Türkiye'de ticari olarak gıda ışınlayabilen lisanslı iki tesis bulunmaktadır. Bunlar Tekirdağ-Çerkezköy'de faaliyet gösteren "Gamma Pak" ve Ankara-Sarayköy'de faaliyet gösteren "Türkiye Atom Enerjisi Kurumu"na (TAEK) ait tesislerdir (53, 54).

Yıllara göre dünyada ışınlanmış gıda üretim miktarları özetle şöyledir: Asya 183309 ton (2005) ve 285223 ton (2010), ABD 92000 ton (2005) ve 103000 ton (2010), Avrupa 9264 ton (2005), 15044 ton (2010) ve 5544 ton (2014) (55, 56). Gıda sanayinde ışınlanan ürünlerden baharat ve kuru sebzeler özellikle Çin, Brezilya ve Güney Afrika'da, tahıllar ve meyveler Ukrayna'da, et ve deniz ürünleri Vietnam, ABD ve Belçika'da, çimlenebilen gıdalar Çin ve Japonya'da, mantar ve bal gibi diğer gıdalar Çin'de ışınlamaya maruz bırakılmaktadır (47). Avrupa ülkelerinde ışınlanmış ürünler sınırlı olup bu durum Avrupa ülkelerindeki kısıtlayıcı düzenlemelerden kaynaklanmaktadır (47, 57). Gıda sanayinde Çin, gıdaları ışınlayarak satan önde gelen ihracatçı ülkelerdendir. Çin'de ticari uygulamalar 1990 yılında başlamış olup, 2009 yılına gelindiğinde ışınlanmış gıdaların toplam miktarı 200 bin tona ulaşmıştır. Ayrıca 2007 yılından bu yana Çin fermente gıdaların ışınlanmasında da çok önemli bir seviyeye gelmiştir (46). Türkiye'de ise "Gamma Pak" 2002 ve "TAEK" 2007 yılından beri ticari olarak gıda ışınlanmaktadır. Türkiye'de ışınlanmış gıdaların çoğunluğunu baharatlar oluşturmaktadır. İhracat amaçlı en fazla ışınlanan gıda grupları ise baharat ve su ürünleridir (49). "Gamma Pak" 2012 yılında 4246 ton gıdayı ışınlayarak işlemiştir. Bu miktarın %70'ini baharat ışınlaması, geriye kalan %30'luk oranı da kırmızı et, dondurulmuş gıda ve bitkisel çay gibi gıda grupları oluşturmaktadır (53). Türkiye'de ticari olarak ışınlama yapan "TAEK" 10 kGy'e kadar dozlar için 2015 yılında 220 TL/m³ ücret almaktadır (54).

Kanada'da bulunan "Nordion" firması 40 yıldır ışınlama teknolojileri ile ilgilenmekte olup sanayi ölçekli gama sterilizasyon sistemleri üretmektedir. Bu sistemler gıda sanayinde de kullanılmaktadır (52). Ayrıca "Symec Engineers" (Hindistan), "Gray Star" (USA) ve "IBA" (Belçika) firmaları da gıda sanayi için ışınlama ekipmanı üreten firmaların başında gelmektedir (58-60).

SONUÇ

Isıl olmayan yeni gıda muhafaza teknikleri ile ilgili yapılan çalışmalar neticesinde son yıllarda yüksek basınç, ultraviyole ışık ve ışınlama teknikleri gıda sanayinde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Vurgulu ışık teknolojisinin ise henüz gıda sanayinde doğrudan gıdalar üzerine uygulamaları olmamakla birlikte ambalaj materyallerinin sterilizasyonu ve gıda işletmelerinin dezenfeksiyonunda kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Pilot ve sanayi ölçekli yapılacak çalışmalarla önümüzdeki yıllarda vurgulu ışığın gıdalar üzerinde de başarılı bir şekilde kullanılacağı tahmin edilmektedir.

Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması, sanayicilerin yeni tekniklerden tam olarak haberdar olmamaları, her ürün için sanayiye uygun uygulama parametrelerinin belirlenmemiş olması ve yasal düzenlemelerin eksikliği söz konusu yeni tekniklerin yaygınlaşmasının önündeki en önemli sorunlardır. Bu yeni tekniklerin birbirleri ile ya da geleneksel ısıl işlemlerle karşılaştırmalı laboratuvar ve sanayi ölçekli maliyet analizleri ile sanayi ölçekli kalite analizlerinin yok denecek kadar az olması da önemli bir eksiklik olarak görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale 'TÜBİTAK 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Doktora Burs Programı' tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Fellows P. 2000. Processing using electric fields, high hydrostatic pressure, light or ultrasound. *Food Processing Technology Principles and Practice*, Fellows P (ed), CRC Press, Cambridge, England, pp. 210-226.
2. Gupta R, Balasubramaniam VM. 2012. High pressure processing of fluid foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 109-165.
3. Karım PA. 2011. High pressure processing as an alternative food preservation technology and its applications for fruits and vegetables. Kansas State University, Food Science, Master of Science, Kansas, USA, 87 p.

4. Hogan E, Kelly AL, Sun DW. 2005. High pressure processing of foods: an overview. *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun DW (ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp 3-27.
5. Gökmen V, Acar J. 1995. Yüksek basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde uygulamaları. *GIDA* 20 (3): 167-172.
6. Ramaswamy R, Balasubramaniam VM, Kaletunç G. 2004. High pressure processing. Ohio State University, Food Science and Technology, Fact Sheet for Food Processors, USA, 3p.
7. Norton T, Sun DW. 2008. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food Bioprocess Techn* 1: 2-34.
8. Kingsley DH. 2013. High pressure processing and its application to the challenge of virus-contaminated foods. *Food Environ Virol* 5: 1-12.
9. Zhang C, Trierweiler B, Li W, Butz P, Xu Y, Rüfer CE, Ma Y, Zhao X. 2011. Comparison of thermal, ultraviolet-C, and high pressure treatments on quality parameters of watermelon juice. *Food Chem* 126: 254-260.
10. Velazquez DAJ, Brenes CH. 2012. Stability of avocado paste carotenoids as affected by high hydrostatic pressure processing and storage. *Innov Food Sci Emerg* 16: 121-128.
11. Kruk ZA, Yun H, Rutley DL, Lee EJ, Kim YJ, Jo C. 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control* 22: 6-12.
12. Ates MB, Skipnes D, Rode TM, Lekang OI. 2016. Comparison of spore inactivation with novel agitating retort, static retort and combined high pressure-temperature treatments. *Food Control* 60: 484-492.
13. Caner C, Hernandez RJ, Harte BR. 2004. High-pressure processing effects on the mechanical, barrier and mass transfer properties of food packaging flexible structures: a critical review. *Packag Technol and Sci* 17: 23-29.
14. Juliano P, Koutchma T, Sui Q, Barbosa-Canovas GV, Sadle G. 2010. Polymeric-based food packaging for high-pressure processing. *Food Eng Rev* 2: 274-297.
15. AVURE. 2015. High pressure processing. <http://www.avure-hpp-foods.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
16. HIPERBARIC. 2015. High pressure processing. <http://www.hiperbaric.com/en> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
17. UHDE. 2015. High pressure processing. <http://www.uhde-hpt.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
18. ELMHURST. 2015. High pressure processing. http://www.elmhurstresearch.com/food_processing.htm (Erişim tarihi: 05.01.2015).
19. KOBELCO. 2015. High pressure processing. <http://www.kobelco.co.jp/english/machinery/products/ip/product/food/index.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
20. Ünlütürk S. 2012. Ultraviyole (mor ötesi) ışınlama. *Gıda Mübendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 219-248.
21. Choudhary R, Bandla S. 2012. Ultraviolet pasteurization for food industry. *Int J Food Sci Nutr Eng* 2 (1): 12-15.
22. Koutchama T, Forney L, Moraru C. 2009. UV processing effects on quality of foods. *Ultraviolet Light in Food technology Principles and Applications*, Sun DW (ed), CRC Press, Florida, USA, pp. 103-121.
23. Koutchama T, Forney L, Moraru C. 2009. Principles and applications of UV technology. *Ultraviolet Light in Food technology Principles and Applications*, Sun DW (ed), CRC Press, Florida, USA, pp. 1-31.
24. Gayan E, Condon S, Alvarez I. 2014. Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: a review. *Food Bioprocess Tech* 7: 1-20.
25. Gomez Lopez VM, Koutchma T, Linden K. 2012. Ultraviolet and pulsed light processing of fluid foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp 185-223.
26. ADVANCED AIR HYGIENE. 2015. Ultraviolet light. <http://www.aahygiene.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
27. UV TECHNOLOGY. 2015. Ultraviolet light. <http://www.uvtechnology.co/foodindustry.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
28. HANOVIA. 2015. Ultraviolet light. <http://www.hanovia.com/uv-applications/food-beverage/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
29. SUREPURE. 2015. Ultraviolet light. <http://www.surepureinc.com/index.html> (Erişim tarihi: 04/02/2015).
30. MICRO TEK. 2015. Ultraviolet light. <http://www.microtekprocesses.com/Pages/Solutions.aspx> (Erişim tarihi: 05.01.2015).

31. HERAEUS. 2015. Ultraviolet light. http://www.heraeusnoblelight.com/en/home/noblelight_home.aspx (Erişim tarihi: 05.01.2015).
32. TROJAN TECHNOLOGIES. 2015. Ultraviolet light. <http://www.trojantechnologies.com/applications/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
33. Yıldız H. 2012. Vurgulu ışık. *Gıda Mübendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 249-260.
34. Gomez OL, Salvatori DM, Loredó AG, Alzamora SM. 2012. Pulsed light treatment of cut apple: dose effect on color, structure, and microbiological stability. *Food Bioprocess Tech* 5: 2311-2322.
35. Palmieri L, Cacea D. 2005. High intensity pulsed light technology. *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun DW (ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 279-306.
36. Gomez-Lopez VM, Koutchma T, Linden K. 2012. Ultraviolet and Pulsed Light Processing of Fluid Foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 185-223.
37. Oliu GO, Belloso OM, Fortuny RS. 2010. Pulsed light treatments for food preservation. *Food Bioprocess Tech* 3: 13-23.
38. Levy C, Aubert X, Lacour B, Carlin F. 2012. Relevant factors affecting microbial surface decontamination by pulsed light. *Int J Food Microbiol* 152: 168-174.
39. XENON. 2015. Pulsed light. <http://www.xenoncorp.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
40. CLARANOR. 2015. Pulsed light. <http://claranor.com/pulsed-light-sterilization> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
41. ECONOS. 2015. Pulsed light. <http://www.econos.co.jp/english/index.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
42. Dunn JE, Clark RW, Bushnell AH, Salisburg KJ. 1999. Deactivation of organisms using foreign patent documents high-intensity pulsed. US Patent, Patent Number: 5900211.
43. Pataro G, Munoz A, Palgan I, Noci F, Ferrari G, Lyng JG. 2011. Bacterial inactivation in fruit juices using a continuous flow Pulsed Light (PL) system. *Food Res Int* 44: 1642-1648.
44. Gomez PL, Garcia-Loredó A, Nieto A, Salvatori DM, Guerrero S, Alzamora SM. 2012. Effect of pulsed light combined with an antibrowning pretreatment on quality of fresh cut apple. *Innov Food Sci Emerg* 16: 102-112.
45. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Işınlama. *Gıda Mübendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 303-330.
46. Niemira BA, Gao M. 2012. Irradiation of fluid foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 167-183.
47. Farkas J, Mohacsi Farkas C. 2011. History and future of food irradiation. *Trends Food Sci Tech* 22: 121-126.
48. Anon 1999. Gıda Işınlama Yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete* 06.11.1999 23868: 21-27.
49. Çetinkaya N. 2011. Gıda ışınlama teknolojisinin ticari uygulamaları. Samsun Sempozyumu, 13-16 Ekim, Samsun, Türkiye, 1-8.
50. Stefanova R, Vasilev NV, Spassov SL. 2010. Irradiation of food, current legislation framework, and detection of irradiated foods. *Food Anal Method* 3: 225-252.
51. Diehl JF. 2002. Food irradiation - past, present and future. *Radiat Phys and Chem* 63: 211-215.
52. NORDION. 2015. Irradiation <http://www.nordion.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
53. GAMMA PAK. 2015. Irradiation <http://www.gammapak.com/> (Erişim tarihi:05.01.2015).
54. TAEK. 2015. Işınlama. <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/birimler/baglikuruluslar/sanaem/189-nukleer-teknikler-bolumu.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
55. Kume T, Todoriki S. 2013. Food irradiation in Asia, the European Union, and the United States: a status update. *Radioisotopes* 62: 291-299.
56. Anonim. 2015. Report from the commission to the european parliament and the council on food and food ingredients treated with ionising radiation for the year 2014, Brussels, 27 p.
57. Kume T, Furuta M, Todoroki S, Uenoyama N, Kobayashi Y. 2009. Status of food irradiation in the world. *Radiat Phys and Chem* 78: 222-226.
58. SYMEC ENGINEERS. 2015. Irradiation. <http://www.symecengineers.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
59. GRAY STAR. 2015. Irradiation. <http://www.graystarinc.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
60. IBA. 2015. Irradiation. <http://www.iba-industrial.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).

ISIL OLMAYAN YENİ GIDA MUHAFAZA TEKNİKLERİNİN SANAYİ UYGULAMALARI-2

Engin Güven^{1*}, Hasan Yıldız²

¹Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojileri Bölümü, Yalova

²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş tarihi / *Received*: 04.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 13.02.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 17.02.2016

Özet

Isıl işlemin gıdalarda neden olduğu çeşitli olumsuzluklar ve tüketicilerin sağlıklı, güvenilir ve yüksek kaliteli gıdalara olan talebi yeni gıda muhafaza tekniklerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Isıl olmayan yeni tekniklerden birisi olan vurgulu elektrik alan, gıdaların ve mikroorganizmaların hücre zarlarını parçalayabilmektedir. Vurgulu elektrik alanın bu özelliğinden yararlanılarak gıda sanayinde ekstraksiyon ve kurutma gibi işlemler kolaylaştırmakta ve mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaktadır. Vurgulu elektrik alan ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması ve işlem parametrelerinin ortaya koyulmamış olması gibi nedenlerle dünya genelinde henüz yaygınlaşmamıştır. Bir diğer yeni teknik ultrasesin gıda sanayinde ekstraksiyon, emülsifikasyon, homojenizasyon, kristalizasyon, filtrasyon, ayırma, viskozite değiştirme, köpük önleme, sıvı gıdalarda gaz alma, kesme ve temizlik gibi çok sayıda uygulaması vardır. Ozmotik kurutma ise genellikle asıl kurutma öncesi bir ön işleme tekniği olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede ısıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden vurgulu elektrik alan, ultrases ve ozmotik kurutmanın gıda sanayindeki uygulamaları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gıda sanayi, yeni muhafaza teknikleri, tüketici istekleri, yüksek kalite

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF NON-THERMAL NOVEL FOOD PRESERVATION TECHNIQUES-2

Abstract

Disadvantages in foods caused by thermal processing and demand for healthy, safe and high quality foods by consumers have paved the way for novel food preservation techniques. Pulsed electric field a non-thermal novel technique, can disintegrate the cell membrane of food and microorganisms. Using this feature of pulsed electric field facilitates operations such as extraction and drying and provides inactivation of microorganisms in the food industry. Pulsed electrical field has been limitedly used by the food industry because of high investment and operating costs and uncertainty on process parameters for specific foods. Ultrasound is another novel technique which has numerous applications in the food industry such as extraction, emulsification, homogenization, crystallization, filtration, separation, viscosity alteration, foam inhibition, degassing of liquid foods, cutting and cleaning. Osmotic dehydration is generally used as a pre-treatment technique before the main drying process. Current applications of non-thermal novel food preservation techniques such as pulsed electric field, ultrasound and osmotic dehydration in the food industry will be covered in this review.

Keywords: Food industry, new preservation techniques, consumer requests, high quality

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ enginguven16@hotmail.com,

☎ (+90) 2226 814 2520,

☎ (+90) 226 814 1146

GİRİŞ

Geleneksel ısı işlem uygulamalarının yerine geçebilecek yeni gıda muhafaza tekniklerinin gıda sanayinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yeni muhafaza teknikleri ısı (mikrodalga ısıtma, radyo frekans ısıtma, kızılötesi ısıtma, ohmik ısıtma vb.) ya da ısı olmayan (yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu ışık, ışınlama, vurgulu elektrik alan, ultrases, ozmotik kurutma vb.) işlemlerden oluşmaktadır (1-4). Isıl olmayan yeni teknikler ile mikrobiyel inaktivasyon sağlanarak gıdalar güvenli hale getirilmekte, istenmeyen enzimler inaktive edilmekte, kalite kayıpları azaltılmakta, besin içeriğini koruyan doğal ve tazeye daha yakın gıdalar üretilebilmektedir (2, 5). Bunun yanı sıra daha az enerjiye gereksinim duyulmaktadır (6). Yapılan araştırmalar sonucunda ısı olmayan yeni muhafaza tekniklerinin gıda sanayine uygulanabilirliği ve adaptasyonu her geçen gün artmaktadır (1, 2).

Bu derlemede ısı olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden vurgulu elektrik alan, ultrases ve ozmotik kurutma teknolojilerinin gıda sanayindeki uygulamaları üzerinde durulmuştur.

VURGULU ELEKTRİK ALAN

Vurgulu elektrik alan gıda sanayinde uygulanan ısı olmayan yeni gıda işleme tekniklerinden birisidir. Gıdalara yüksek voltajda elektrik vurguları uygulanarak hücrelerin parçalanması ve mikroorganizmaların inaktive edilmesi sağlanır. Bu teknolojiye özellikle sıvı ve yarı sıvı gıdalar düşük sıcaklıkta ve kısa sürede işlenerek raf ömürleri uzatılabilmekte, meyve-sebzelerde ekstraksiyon verimi ve kurutmada kütle transfer hızı artırılabilir (7, 8).

Vurgulu elektrik alan sistemleri temel olarak yüksek voltaj jeneratörü, uygulama hücresi, anahtar ve elektrotlardan oluşmaktadır (9). Vurgu pik voltajı ve akımı, vurgu genişliği ve frekansı ile ortalama güç seviyesi vurgulu elektrik alan üreten yüksek voltaj jeneratörü tasarımında önemli parametrelerdir (10). Bu yeni teknolojiye bir seri elektrot arasına yerleştirilen ürüne bir saniyeden daha az sürelerde ve genellikle 20-50 kV/cm gibi yüksek elektriksel alan şiddetlerinde elektrik vurguları uygulanarak, gıdaların ve mikroorganizmaların hücre zarları mekaniksel olarak parçalanmaktadır (11). Bu teknoloji ile besin içeriği ve duyu kalitesi yüksek, raf ömrü uzun ve ısının olumsuz etkilerinden korunmuş

ürünler elde edilebilmektedir. Uygulamanın amacına bağlı olarak sıvı, yarı sıvı ve katı gıdalara uygulanabilmektedir (7). Geleneksel ısı yöntemlerinden farklı olarak, oda sıcaklığında ve mikrosaniye (µs) ya da milisaniye (ms) düzeyindeki kısa sürelerde işlem tamamlanabilmektedir (8). Bu teknolojiye kimyasal koruyucu kullanılmamaktadır (12).

Vurgulu elektrik alan tekniğinin tarihsel gelişimine bakıldığında; 1958 yılında elektriksel olarak uyarılan hücre zarlarının elektriksel yıkıma uğratılabildiği, 1968 yılında yüksek voltajda vurgulu elektrik alanına maruz kalan mikroorganizmaların inaktive edilebildiği ve 1972 yılında elektrik uygulaması sonucunda hücre zarındaki gözeneklerin kısa süreli açıldığı belirlenmiştir. 1990 yılından itibaren ise gıdalar üzerindeki etkisi ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (11).

2000 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) yer alan "Diversified Technologies" firması tarafından tasarlanan ilk ticari ölçekli vurgulu elektrik alan ekipmanı "Ohio State Üniversitesi Gıda Teknolojisi Bölümü"nde kurulmuştur. Kurulan bu sistem, dört vurgulu elektrik alan uygulama hücresinden oluşmakta olup, iki kutuplu 60 kV yüksek voltaj uygulayabilmekte ve 75 kW'lık güce sahip olmaktadır. Bu sisteme "Tetra Pak" firması tarafından aseptik ambalajlama ünitesi entegre edilmiştir. Bu programın amacı meyve suyu gibi sıvı gıdalarda yüksek voltajlı vurgulu gücün patojenleri de içeren mikroorganizmaların öldürülmesindeki etkinliğini araştırmak ve işlem parametrelerini belirlemektir. Bu sistemin yüksek hacimli ticari uygulamalarda kullanımının başarılı olabilmesi için iki yıl üzerinde çalışılmıştır (13, 14).

İlk ticari tesis "Genesis" (ABD) firması tarafından meyve sularında mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla 2005 yılında kurulmuş ve ABD "Gıda ve İlaç Dairesi"nin (Food and Drug Administration, FDA) gereksinimlerini yerine getirerek üretime geçmiştir. Kullandıkları ekipmanın kapasitesi 200 L/saat'tir. Bu teknoloji ile üretilen ürünlerin fiyatı piyasadaki diğer ürünlere göre yüksektir. Bu yöntemle üretilen meyve sularının raf ömrü 4 haftadır (15, 16). Ancak daha sonra "Genesis" firması meyve sularında mikroorganizmaların inaktivasyonunda vurgulu elektrik alanı terk ederek yerine yüksek basınç teknolojisini kullanmaya başlamıştır (17). Avrupa'da vurgulu elektrik alan

teknolojisini kullanan ilk ticari tesis, meyve sularının muhafazası amacı ile 2009 yılında kurulmuştur. Günümüzde dünya çapında tahminen 30 ticari tesis bulunmaktadır (18). Vurgulu elektrik alan teknolojisinin ticari olarak uygulamasında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlardan en önemlisi, büyük miktardaki sıvı gıdalar için gerekli olan yüksek voltajda ve yeterli güçte piklerin ekonomik bir şekilde sağlanamamasıdır (13). Bu sistemlerin performansında yüksek voltaj üretimi kritik bir noktadır. Kısa zamanda çok hızlı vurgu uygulanabilmesi ve vurguların tekdüze olması gerekmektedir (12). Üretim maliyetleri geleneksel ısı işleme göre daha yüksektir. 30 °C'de sıvı gıdalara vurgulu elektrik alan uygulamalarında 100 kJ/kg ya da üzerinde bir enerji gereksinimi vardır (19). 2013 yılı verilerine göre 3000 L/saat kapasiteli vurgulu elektrik alan ünitesinin yatırım maliyeti 2.1 milyon \$ olarak tahmin edilmiştir (17). "Diversified Technologies" (ABD) firması sanayi amaçlı vurgulu elektrik alan ekipmanları üreten firmalardan bir diğeridir. Bu firmanın ürettiği endüstriyel ölçekli ekipmanlara; ortalama 125 kW güce sahip, 1-11 µs süre aralığında 40 kV'a kadar elektrik voltajı uygulayabilen ekipman örnek olarak verilebilir. Bu ekipman 5-27°C sıcaklık dereceleri arasında çalışmaktadır. "Diversified Technologies" tarafından üretilen ekipmanlar gıda sanayinde meyve ve sebze suyu ile algerden biyoyakıt ekstraksiyonunda kullanılabilir. Sistem elektriksel ve fiziksel olarak geniş spesifikasyon aralıklarında özel gereksinimlere göre optimize edilebilmektedir. Bu sistemlerin uzun ömürlü olması, yüksek verimliliği ve düşük işlem maliyetleri en önemli avantajları olarak gösterilmektedir. Bu sistemler yüksek voltaj güç kaynağı, güç modülasyon ekipmanı, kontrol sistemi ve elektriksel birimler ile birlikte üretilmektedir (12). "Almanya Gıda Teknolojileri Enstitüsü" (Deutsche Institut für Lebensmitteltechnik, DIL) tarafından geliştirilen vurgulu elektrik alan ekipmanı "Elcrack" (Almanya) firması tarafından uygulamaya aktarılmıştır (8). "Elcrack"a ait ilk endüstriyel sistem 2006 yılında elma suyunda verimi arttırmak için uygulanmıştır. Bu sistemle aynı zamanda mikrobiyel inaktivasyon da sağlanmıştır (20). Ekipman 5-30 kW arasında güçte olup, mikrobiyel inaktivasyon için 2 bin L/saat ve hücre parçalama için 15 ton/h uygulama kapasitesine sahiptir. Ekipman işlem hattına kolaylıkla entegre edilerek sürekli sistemde çalıştırılabilmekte ve işlem parametreleri otomasyon

ile kontrol edilebilmektedir. Uygulama zamanının 1 saniyeden daha az ve sürekli sistem olması, ayrıca enerji verimliliğinin yüksek olması "Elcrack" sisteminin avantajları arasında belirtilmektedir. Geleneksel yöntemlere göre meyve suyu verimi daha yüksektir. Zaman alıcı ve pahalı enzimatik maserasyon yöntemi ile karşılaştırıldığında bu sistem daha kısa sürede ürün işleyebilmektedir. Sistem sürekli olarak çalışabilmekte ve toplam uygulama maliyeti 1 ton hammadde başına 1-2 € arasında değişmektedir. Meyve suyu üretiminde verim artışı yanı sıra renk pigmentleri, antioksidanlar ve vitaminler gibi değerli gıda bileşenleri bu teknikte daha iyi korunmaktadır (8). "DIL" tarafından geliştirilen endüstriyel ölçekteki bir diğer ekipmanla mikrobiyel inaktivasyonda 10 bin L/saat ve hücre parçalamada 25 bin kg/saat kapasite ile gıda işlenebilmektedir. Enerji tüketimi düşük olup, uygulama şekline bağlı olarak ürün başına 10-100 kJ/L arasında değişmektedir. Ticari ölçekteki üretimlerde bitki hücrelerinin parçalanması için maliyetin 1€/ton ve mikrobiyel inaktivasyon için ise 10€/ton olduğu tahmin edilmektedir (7). "Cool Wave Processing" (Hollanda) firması "PurePulse" isimli meyve suyu ve meyve karışımları gibi pompalanabilir gıdaların ticari ölçekli işlenmesine yönelik ekipman tasarlayarak üretmiştir. Bu ekipman meyve suyu vb. gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bu firmanın ürettiği ekipmanlarda sıvı gıdalar 50°C'yi aşmayacak bir ısı işlem uygulandıktan sonra pompa vasıtasıyla mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla vurgulu elektrik alanının uygulandığı birime gönderilmektedir. Söz konusu ekipmanlar sürekli sistemde çalışmakta ve işlenen gıdalarda mikroorganizma sayısında 4-6 log azalma elde edilebilmektedir. 20-40 kV/cm elektriksel alan şiddetinde 1-4 µs sürelerde vurgulu elektrik alan uygulanarak, 16, 30 ve 50 kW gücündeki ekipmanlarla saatte 600, 1200 ve 1800 litre ürün işlenebilmektedir (21).

Vurgulu elektrik alanının avantajları ile ilgili literatürde çok miktarda çalışma bulunmasına rağmen, henüz çok az sanayi uygulaması vardır (22-24). Bu teknolojinin sanayide kullanımının yaygınlaşmamasının temel sebebi yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bir diğer sebebi ise uygun işlem şartlarının pilot seviyedeki çalışmalarda pek çok gıda ya da mikroorganizma için henüz belirlenmemiş olmasıdır. Literatürde

vurgulu elektrik alan ile ilgili ticari ölçekte yapılmış az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır (17, 25-27). Sampedro ve ark. (2013) portakal suyunda mikroorganizmaların inaktivasyonunda vurgulu elektrik alan ve ısı işlem arasındaki maliyet farkını hesaplamıştır. Bir yılda 16.5 milyon L portakal suyuna 30 kV/cm şiddetinde elektriksel alan 60°C'de, ısı işlem ise 85°C'de 5 saniye süre ile uygulanmıştır. Vurgulu elektrik alan uygulamasında mikroorganizmaların inaktivasyonu için maliyet 0.037 \$/L olarak hesaplanmış olup, bu değer ısı işlemin birim maliyetinden 0.015 \$/L daha fazla olduğu görülmüştür. Isıl işleme göre üretim maliyetinin yüksek olması, yatırım maliyetlerinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır (17). Min ve ark. (2003) ticari ölçekte yaptıkları çalışmada vurgulu elektrik alan teknolojisi ile işlenen portakal suyunun ısı işlemine göre doku, aroma ve toplam kabul edilebilirlik bakımından üstün olduğunu bildirmişlerdir (25). Min ve Zhang (2003) ticari ölçekte yaptıkları çalışmada vurgulu elektrik alan teknolojisi ile işlenen domates suyunda ısı işlemine göre aroma bileşenlerinin daha zengin, enzimatik kararmanın daha az ve kırmızı rengin daha iyi nitelikte olduğunu belirtmişlerdir (26). Min ve ark. (2003) ticari ölçekte yaptıkları çalışmada vurgulu elektrik alan teknolojisi ile işlenen domates suyunun ısı işlemine göre duyu kalite bakımından daha iyi olduğunu fakat likopen konsantrasyonu, briks, pH ve viskozite bakımından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir (27).

Vurgulu elektrik alan uygulaması, gıdanın toplam kalitesinin ısı işlemine göre daha iyi korunması, ekstraksiyonda verim artışı sağlanması ve mikrobiyel inaktivasyonun gerçekleştirilebilmesi nedeniyle önemli bir alternatif teknolojidir. Ancak ticari ölçekte uygulama parametrelerinin her ürün için özel olarak belirlenmesi gerekmektedir. Her ne kadar yatırım maliyetleri yüksek olsa da geçmiş yıllara göre üretim maliyetlerinin her geçen yıl azalması, ileride gıda sanayinde bu teknolojinin pazar payının artabileceğini göstermektedir.

ULTRASES

Ultrases gıda sanayinde değişik amaçlarla uygulanmakta olan ve önümüzdeki yıllarda daha da gelişmesi beklenen yeni teknolojilerden birisidir (28). Ultrases, ses dalgalarının saniyede 20 bin veya daha fazla sayıda titreşimleri sonucunda üretilen bir enerjidir (29). Ultrases etkisi, basınç

dalgalarının elastik özelliklere sahip fiziksel bir ortamdan yayılması sonucu oluşur. Mekanik titreşimler mekanik basınç dalgalarına dönüşerek enerjiyi ortama ve ortam da enerjiyi dalgayla temas eden maddeye aktarmaktadır (30).

Gıda teknolojisinde ultrases tekniği ilk olarak 1927 yılında su-yağ emülsiyonu sağlanmasında kullanılmıştır (31). Uzun yıllar yapılan araştırmalar sonucu son 5-10 yıldır ultrases teknolojisi ticari olarak gıdaların işlenmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır (32, 33). Ultrases teknolojisi gıda sanayinde ekstraksiyon (34-36), emülsifikasyon, homojenizasyon (34, 35), kristalizasyon (34, 37), filtrasyon, ayırma (34), viskozite değiştirme (34, 36), köpük önleme (34-36), sıvı gıdalarda gaz alma (35), kesme (37, 38), temizlik (36, 38) ve gıdalar paketlenen sonra ambalajlarının yapılandırılması (38) gibi birçok işlemde etkili bir şekilde uygulanmaktadır (37).

Gıda sanayinde ultrases yardımı ile ekstraksiyon işlemi uygulamasına turuncu kabuklarından yağ ekstraksiyonu örnek olarak verilebilir (34). Ultrases ile ekstraksiyonda palm yağı verimi % 0.23 ve zeytinyağı verimi % 0.5 artmakta, üzüm suyu ekstraksiyonunda ise kırmızı renk yoğunluğu ve antosiyanin konsantrasyonu daha fazla olmaktadır (36). Ultrases yardımı ile emülsifikasyon işlemi meyve suyu, mayonez ve ketçap üretiminde ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle mayonez üretiminde pahalı bir hammadde olan emülgatör ihtiyacı % 50 azalmakta ve mayonezin raf ömrü birkaç ay uzatılabilmektedir (32, 34). Gıda sanayinde ultrases ile homojenizasyon; salata kremaları, dondurma karışımları, kremalı çorbalar, yağ emülsiyonları, çikolatalar, bebek gıdaları, içecek emülsiyonları, çikolata şurupları, çikolata içecekleri, yoğunlaştırılmış süt ve dondurma gibi birçok gıdada uygulanmaktadır (39). Ultrases uygulaması sayesinde kristalizasyon ve dondurulmuş gıdalarda buz kristallerinin gelişme oranı ve boyutları kontrol edilebilmektedir (34). Bu yöntemle dondurma üretiminde işlem daha kısa sürede gerçekleşmekte, hücre yapısı daha az zarar görmekte ve daha küçük kristaller oluşmaktadır (37). Ultrases yardımı ile filtrasyonda titreşimlerden yararlanılarak sıvılar daha kısa sürede filtre edilmekte ve filtrelerin ömrü uzamaktadır (34). Ultrases bu amaçla elma pulpundan elma suyu elde edilmesinde kullanılmaktadır (39). Ultrases yardımı ile köpük önleme ticari olarak

gazlı içecekler, fermente gıdalar ve diğer gıda proseslerinde kullanılmakta ve işlem daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir (34, 37). Bira gibi gazlı içeceklerde şişelemeden önce gaz alma işlemi için kullanılabilir. Ultrases yardımı ile ürünler daha kısa sürede, istenilen özellikte, seri bir şekilde, ürün kaybı ve yapışma önlenerek kesilebilmektedir. Bu amaçla kullanıldığı ürünlere örnek olarak hassas gıdalar (kek, fırıncılık ürünleri), yağlı gıdalar (peynir) ve yapışkan özellikteki gıdalar verilebilir (37). Ultrases temizleme amacıyla da ticari ölçekte kullanılmaktadır. Örneğin "Cavitus" (Avustralya) firmasının ürettiği 4 KW gücündeki ekipmanla meşeden yapılmış şarap varillerinin temizliği ultrases ile etkili bir şekilde yapılabilmektedir (34).

Yapılan çalışmalar, ultrases teknolojisinin gıda sanayinde enzimlerin aktivasyonunda ve inaktivasyonunda, mikrobiyel inaktivasyonun sağlanmasında (34, 35), fermantasyon, ısı transferi (34), dondurma, kurutma ve tavlama işlemlerinin kolaylaştırılmasında ve dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde de kullanılabilirliğini göstermektedir (37). Ayrıca ultrases ile birlikte ısı ve basınç kombinasyonlarının da kullanılması, ultrasesin mikroorganizma ve enzimler üzerindeki etkinliğini arttırdığı saptanmıştır (29). Önümüzdeki yıllarda laboratuvar ya da pilot ölçekli çalışmaları yapılmış potansiyel bu uygulamaların da gıda sanayine aktarılacağı tahmin edilmektedir.

Ultrases düşük şiddetli ve yüksek şiddetli olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Düşük şiddetli ultrases; düşük güç ($<0.1 \text{ W/cm}^2$) ve yüksek frekansta (0.1-100 MHz) gıdaların kompozisyonlarının, fizikokimyasal ve yapısal özelliklerinin belirlenmesinde ve üretim sırasında gıdalara karışabilecek yabancı maddelerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Yüksek şiddetli ultrases ise yüksek güç ($>1 \text{ W/cm}^2$) ve düşük frekansta ($<0.1 \text{ MHz}$) ekstraksiyon, emülsifikasyon, kristalizasyon, ısı ve kütle transferi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (29, 40).

Gıda sanayinde kullanılan ultrases ekipmanları genel olarak kesikli ve sürekli çalışan sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (28). Gıda proseslerinde ultrases kullanımı daha etkili karıştırma, hızlı enerji ve kütle transferi ile düşük sıcaklıkta işleme gibi avantajlar sağlamaktadır. Ekipman boyutlarının küçük olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Ayrıca bu yöntemle üretim artışı sağlanmakta ve işlem basamakları azaltılmaktadır (37).

"Hielscher" (Almanya) firması gıda sanayi için ticari ölçekli ultrases ekipmanları üretmektedir. Bu ekipmanlar ekstraksiyon için hücrelerin parçalanması, homojenizasyon, sıvı gıdalarda gaz alma ve köpük önleme için kullanılmaktadır. Bu firmanın ürettiği ticari ölçekli ekipmanların güçleri 0.5-16 kW arasında değişmektedir (35). "Ultrasonic Technique" (Rusya) firmasının gıda sanayi için ürettiği ekipmanlardan biri olan ultrases yardımcı bıçaklar saniyede yaptığı 20 bin titreşimle (20 kHz frekansla) gıdaları kesmektedir. Bu bıçaklarla ihtiyaç duyulan kesme kuvveti önemli derecede azaltılmakta ve gıdanın bıçağa yapışması önlenmektedir. Bu firmanın ürettiği bir diğer ultrases ekipmanı ile temizleme yapılabilmektedir. Gıda endüstrisi için yeni olan bu uygulamada paslanmaz çelikten yapılmış bir yıkama banyosuna su ya da temizleme amaçlı bir çözelti ilave edilmektedir. Yıkama banyosunun içindeki sepetlere yerleştirilen kavanoz ve şişe gibi materyaller ultrases ekipmanının verdiği titreşimler yardımı ile kolaylıkla temizlenmektedir. Bir diğer ekipman ile gıda ürünlerinin koyulduğu termoplastik ambalaj materyalleri ultrases yardımcı kaynak üniteleri ile yapıştırılabilmektedir (38). Avustralya'da bulunan "Cavitus" firmasının ürettiği ultrases ekipmanları gıda sanayinde ekstraksiyon, geçici ya da kalıcı olarak viskoziteyi azaltma, yoğunluğu artırma, köpük önleme, temizlik ve sanitasyonda kullanılmaktadır (36). Ayrıca "Dukane" (ABD), "Sonics" (ABD) ve "Omegasonics" (ABD) firmalarının ürettiği ultrases ekipmanları da gıda sanayinde kullanılmaktadır (41-43). Ultrases ekipmanlarının kullanımı ile üretimde verimlilik artmakta, katkı maddelerinin kullanımı azaltılmakta ya da hiç kullanılmamakta, enerji tüketimi azaltılmakta, ürün kalitesi geliştirilmekte ve çevreye daha az zarar verilmektedir. Bu nedenlerle ultrases teknolojisinin gelecekte gıda sanayinde daha fazla rağbet göreceği düşünülmektedir.

OZMOTİK KURUTMA

Ozmotik kurutma; ozmotik çözelti içerisinde bekletilen gıda maddesinin ozmotik basınç farkı nedeni ile su kaybetmesi ve çözümden gıdaya çözünen madde geçişi ile gerçekleşen bir kurutma işlemidir (44). Ayrıca ozmotik kurutma sırasında az da olsa ürüne ait çözünenlerden şekerler, organik asitler, mineraller, vitaminler, vb. bir kısım bileşenler çözüme geçebilmektedir (45). Ozmotik kurutma öncesinde uygulanan haşlama, yüksek basınç, vurgulu elektrik alan, ultrases ve

ohmik ısıtma gibi işlemler ile kütle transfer hızı arttırılabilmektedir (46). Ozmotik kurutmada gıdanın içeriğini değiştirmeden fonksiyonel ve duyuşal özellikleri geliştirilebilmektedir. Ozmotik kurutma çoğunlukla oda sıcaklığı ya da biraz üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştirilmektedir. Böylece doku, renk ve tat üzerindeki ısıl zarar en aza indirilmektedir (47, 48).

Bir ön işleme tekniğı olan ozmotik kurutma konsepti ilk kez 1966 yılında ortaya koyulmuş ve 1990'lı yıllarda artan bir şekilde ilgi görmeye başlamıştır. Ozmotik kurutma, kurutma teknolojisinin ihtiyaç duyduğu enerji girdisinin azaltılması ve istenen niteliklerde ürün elde edilmesi gibi avantajları sebebiyle son yıllarda artan bir popülerite kazanmıştır (49, 50).

Ozmotik kurutmanın gıda sanayinde özellikle meyve-sebze sektöründe çeşitli uygulamaları vardır (51, 52). Genelde meyveler sakkaroz çözeltilerinde ozmotik kurutulmuş şekerleme benzeri orta nemli gıdalar üretilmektedir. Ozmotik kurutma sırasında meydana gelen madde transferleri ile ağırlıkta % 30-50 oranında azalma olmaktadır. Elde edilen bu ürünler sıcak hava ya da vakumda kurutulmuş atıştırmalık aparatif ürünler elde edilmektedir (53). Günümüzde gıda sanayinde elma, muz, mango, ananas, kayısı ve çilek gibi birçok meyve ozmotik olarak kurutulmaktadır. Ozmotik kurutma ile kızılcık ve vişne gibi ekşi meyvelerin asit/şeker oranı düşürülerek ürünlerin tadı iyileştirilmektedir (53, 54). Ozmotik kurutma daha çok, dondurma, dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ya da vakumla kurutma gibi yöntemlerin öncesinde ön kurutma işlemi olarak uygulanmaktadır. Böylece kurutmada ürün kalitesi yanında enerji ve ürün maliyetleri de düşürülmektedir (51). Ayrıca ozmotik kurutmadan sonra meyve ve sebze ürünleri modifiye atmosferde ambalajlanarak soğukta muhafaza edilebilmektedirler. Bu ürünlerin raf ömürleri 30-40 güne kadar çıkmaktadır (55). Ozmotik kurutma uygulanmış portakal ve kividenden elde edilmiş reçeller geleneksel yöntemlere göre daha iyi kalitede ticari olarak üretilmektedir (56). Ozmotik kurutma yöntemi ile elde edilen yarı kurutulmuş meyve ya da meyve parçaları gıda sanayinde dondurma, tahıl ürünleri, süt ürünleri ve şekerleme üretiminde kullanılabilmektedir (57, 58).

Dondurulmadan önce ozmotik kurutma ile gıdaların suyunun bir kısmının uzaklaştırılması,

ambalajlama ve enerji maliyetlerini azaltmaktadır. Ayrıca ozmotik yöntemle kurutulduktan sonra dondurulmuş gıdaların çözündürülmesi sırasında meyve ve sebzelerin dokusal özellikleri daha iyi korunmakta, enzimatik karama, dokunun bozulması ve damlama kayıpları azalmaktadır (56).

Gıda sanayinde uygulanan ozmotik kurutmada iki önemli parametre vardır. Bu parametrelerden ilki ürünün kalite özelliklerinin (doku, renk, lezzet ve besin değerinin) üretim ve depolama süresince korunabilmesi, ikincisi enerji verimliliğinin sağlanmasıdır (51, 56). Ozmotik kurutma sıcak hava ile kurutmaya göre enerji tasarrufu sağlamaktadır. Örneğın, "Science Technology Consulting" (İtalya) firması yarı kurutulmuş domates üretimi amacıyla geliştirdiğı yarı sürekli ozmotik kurutma sistemi ile geleneksel yöntemlere göre önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlandığını belirtmektedir (55).

Ozmotik kurutma gıda sanayini heyecanlandıran yöntemlerden olmasına rağmen henüz beklenen seviyede gelişmemiştir. Bunun en önemli sebebi çözelti konsantrasyonu, sıcaklık ve süre gibi uygulama şartlarının sanayiye uygun olarak her gıda için tam olarak belirlenmemiş olmasıdır (57). Bunun yanı sıra ozmotik kurutmada çözünen kaybı (gıda bileşenlerinin çözeltilere geçmesi) uygulanmayı zorlaştıran problemlerden bir diğeriştir. Ayrıca, bazı uygulamalarda ürünlerdeki tuz veya şeker miktarının kaliteyi olumsuz etkileyecek düzeyde artması ve asitliğin azalması karşılaşılan diğere problemlerdir (56).

SONUÇ

Gıdaların muhafazası ve işlenmesi amacıyla geliştirilen ısıl olmayan yeni muhafaza teknikleri ile geleneksel ısıl işleme göre daha yüksek kalitede ve besin içeriğı daha iyi korunmuş gıda ürünleri elde edilebilmektedir. Uzun yıllardır yapılan çalışmalar neticesinde son yıllarda vurgulu elektrik alan, ultrases ve ozmotik kurutma gıda sanayinde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Bu tekniklerden vurgulu elektrik alan; yatırım ve işlem maliyetlerinin yüksekliğı, hedef mikroorganizmalara uygun işlem parametrelerinin belirlenmemiş olması gibi nedenlerden dolayı dünyada henüz istenilen düzeyde yaygınlaşmamıştır. Ultrasesin gıda sanayinde uygulama alanları ise oldukça fazladır. Yapılan araştırmalar ultrasesin gıda sanayinde başka uygulamalarının da olacağını göstermektedir.

Ozmotik kurutma ile enerji tasarrufu sağlanmakla birlikte duyu özellikleri iyileştirilmiş kaliteli ürünler elde edilebilmektedir. Söz konusu yeni tekniklerle ilgili çalışmalar sonuçlandıkça maliyetlerinin düşeceği ve kullanım alanlarının artacağı beklenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale 'TÜBİTAK 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Doktora Burs Programı' tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yıldız H, Güven E. 2015. Gıda sanayinde dielektrik ısıtma yöntemlerinin kullanımı. *Gıda Tekn* 6: 78-80.
2. Pereira RN, Vicente AA. 2010. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Res Int* 43: 1936-1943.
3. Erdogdu SB, Eliasson L, Erdogdu F, Isaksson S, Ahrne L. 2015. Experimental determination of penetration depths of various spice commodities (black pepper seeds, paprika powder and oregano leaves) under infrared radiation. *J Food Eng* 161: 75-81.
4. Yıldız H, Güven E. 2014. Industrial applications and potential use of ohmic heating for fluid foods. *Bulg Chem Comm* 46 (B): 98-102.
5. Ulusoy K, Karakaya M. 2011. Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *GIDA* 36 (2): 113-120.
6. Açu M, Yerlikaya O, Kınık Ö. 2014. Gıdalarda ısıl olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda Yem Bilimi Tekn* 14: 23-35.
7. Toepfl S. 2015. Pulsed electric field processing. <http://www.promatecfoodventures.com/doc/Benelux%20Factsheet-ELCRACK.pdf> (Erişim tarihi: 07.01.2015).
8. ELCRACK. 2015. Pulsed electric field. <http://www.elcrack.de/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
9. Seçkin AK, Özgören E. 2011. Gıda endüstrisinde darbeli elektrik alan uygulamaları. *Gıda Yem Bilimi Tekn* 11: 39-48
10. Toepfl S. 2011. Pulsed electric field food treatment - scale up from lab to industrial scale. *Procedia Food Sci* 1: 776-779.
11. Bilek SE. 2010. Vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi. *Akademik Gıda* 8 (3): 33-37.
12. DIVERSIFIED. 2015. Pulsed electric field. <http://www.divtecs.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
13. Gaudreau MPJ, Hawkey T, Petry J, Kempkes M. 2015. Pulsed power systems for food and wastewater processing. http://www.divtecs.com/data/File/papers/PDF/EPPC-PEF102202_US.pdf (Erişim tarihi: 05.01.2015).
14. Ramaswamy R, Jin T, Balasubramaniam VM, Zhang H. 2005. Pulsed Electric Field Processing. Ohio State University, Food Science and Technology, Fact Sheet for Food Processors, Ohio, USA, 5 p.
15. Clark JP. 2006. Pulsed electric field processing. *Food Tech*, 60 (1): 66-67.
16. Töpfl S. 2006. Pulsed electric fields (pef) for permeabilization of cell membranes in food- and bioprocessing-applications, process and equipment design and cost analysis. Ph. D. Thesis, Technische Universität, Berlin, Germany, 180 p.
17. Sampedro F, McAloon A, Yee W, Fan X, Zhang HQ, Geveke DJ. 2013. Cost analysis of commercial pasteurization of orange juice by pulsed electric fields. *Innov Food Sci Emerg* 17: 72-78.
18. Toepfl S. 2012. Pulsed electric field food processing-industrial equipment design and commercial applications. *Stewart Postharvest Review* 8 (2): 1-7.
19. Wang L. 2014. Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Effic* 7: 791-810.
20. Toepfl S, Heinz V. 2010. Role for pulsed electric fields. *The World of Food Ingredients*, June 2010, 65.
21. COOLWAVE. 2015. Pulsed electric field processing. <http://www.cwp-bv.nl/> (Erişim tarihi: 07.01.2015).
22. Gad A, Jayaram SH. 2015. Processing of carbonated beer by pulsed electric fields. *IEEE T Ind Appl* 51 (6): 4759-4765.
23. Li YQ, Tian WL, Mo HZ, Zhang YL, Zhao XZ. 2013. Effects of pulsed electric field processing on quality characteristics and microbial inactivation of soymilk. *Food Bioprocess Tech* 6: 1907-1916.
24. Teixeira LJQ, Fortuny RS, Ramos AM, Beloso OM. 2013. Kinetics of peroxidase inactivation in carrot juice treated with pulsed electric fields. *J Food Sci* 78 (2): 222-228.
25. Min S, Jin ZT, Min SK, Yeom H, Zhang QH. 2003. Commercial-scale pulsed electric field processing of orange juice. *J Food Sci* 68 (4): 1265-1271.
26. Min S, Zhang QH. 2003. Effects of commercial-scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. *J Food Sci* 68 (5): 1600-1606.
27. Min S, Jin ZT, Zhang QH. 2003. Commercial scale pulsed electric field processing of tomato juice. *J Agr Food Chem* 51: 3338-3344.

28. Mason TJ, Riera E, Vercet A, Buesa PL. 2005. Application of ultrasound. *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun DW (ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 323-351.
29. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Ultrases. *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 197-218.
30. Tavman Ş, Kumcuoğlu S, Akkaya Z. 2009. Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *GIDA* 34 (3): 175-182.
31. Mohareb E, Piyasena P. 2002. Applications of ultrasound in the food industry: A review. *Nutracos* September/October, 36-40.
32. Turantaş F, Kılıç GB, Kılıç B. 2015. Ultrasound in the meat industry: general applications and decontamination efficiency. *Int J Food Microbiol*, 198: 59-69.
33. Bilek SE, Turantaş F. 2013. Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review. *Int J Food Microbiol* 166: 155-162.
34. Patist A, Bates D. 2011. Industrial applications of high power ultrasonics. *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Feng H. (chief ed), Springer, London, UK, pp. 599-616.
35. HIELSCHER. 2015. Ultrasound. http://www.hielscher.com/ultrasonics/food_01.htm (Erişim tarihi: 07.01.2015).
36. CAVITUS. 2015. Ultrasound. <http://www.cavitus.com/> (Erişim tarihi: 07.01.2015).
37. Chemat F, e-Huma Z, Khan MK. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry* 18: 813-835.
38. ULTRASONIC TECHNIQUE. 2015. Ultrasound. <http://en.utinlab.ru/> (Erişim tarihi: 21.01.2015).
39. Rani B, Singh U, Prasad M, Chauhan AK, Maheshwari R. 2012. Utilization of ultrason technological advances in food industry. *Int Res J Pharm* 3 (3): 125-127.
40. Mohammadi V, Varnamkhasti MG, Ebrahimi R, Abbasvali M. 2014. Ultrasonic techniques for the milk production industry. *Measurement* 58: 93-102.
41. DUKANE. 2015. Ultrasound. http://www.dukane.com/us/PFO_food.htm (Erişim tarihi: 04.02.2015).
42. SONICS. 2015. Ultrasonic food cutting. <http://www.sonics.com/fc.htm> (Erişim tarihi: 04.02.2015).
43. OMEGASONICS. 2015. Ultrasonic Cleaning Systems. <http://www.omegasonics.com/industry-specialties/food-and-drug.shtml> (Erişim tarihi: 04.02.2015).
44. Eroğlu E, Yıldız H. 2011. Gıdaların ozmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Gıda Tekn Elektronik Dergisi* 6 (2): 41-48.
45. Chavan UD, Amarowicz R. 2012. Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. *J Food Res* 1 (2): 202-209.
46. Phisut N. 2012. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Int Food Res J* 19 (1): 7-18.
47. Albak F, Belibağlı KB. 2010. Ozmotik dehidrasyon tekniğinin sakız kabağında kullanımı. *Akademik Gıda* 8 (2): 6-10.
48. Güven E, Yıldız H. 2015. Ozmotik kurutma ile meyvelerden fonksiyonel ve yeni ürünler geliştirilmesi. 9. Gıda Mühendisliği Kongresi, 12-14 Kasım, İzmir, Türkiye, 64 s.
49. Chandra S, Kumari D. 2015. Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review. *Crit Rev in Food Sci* 55 (4): 552-561.
50. Çınar İ. 2009. Ozmotik dehidrasyon, mekanizması ve uygulamaları. *GIDA* 34 (5): 325-329.
51. Bekele Y, Ramaswamy H. 2010. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Ethiop J Applied Sci Technol* 1 (1): 1-15.
52. Yadav AK, Singh SV. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Tech* 51 (9): 1654-1673.
53. Falade KO, Igbeka JC. 2007. Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food Rev Int* 23: 373-405.
54. Bchir B, Besbes S, Karoui R, Paquot M, Attia H, Blecke C. 2012. Osmotic dehydration kinetics of pomegranate seeds using date juice as an immersion solution base. *Food Bioprocess Tech* 5: 999-1009.
55. STCITALY. 2015. Osmotic dehydration. <http://www.stcitaly.com/en/food-processing/osmotic-dehydration-of-vegetable-products.html> (Erişim tarihi: 04.02.2015).
56. Khan MR. 2012. Osmotic dehydration technique for fruits preservation-a review. *Pak J Food Sci* 22 (2): 71-85.
57. Tortoe, C. 2010. A review of osmo dehydration for food industry. *Afr J Food Sci* 4 (6): 303-324.
58. Akbarian M, Ghasemkhani N, Moayedi F. 2014. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: a review. *Int J Biosciences* 4 (1): 42-57.

KONJUGE LİNOLEİK ASİTLERİN ÖNEMİ VE BAZI PROBİYOTİK SUŞLAR TARAFINDAN ÜRETİMİ

Recep Güneş¹, Ahmet Şükrü Demirci^{2*}

¹Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli

²Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

Geliş tarihi / *Received*: 17.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 23.02.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 12.03.2016

Özet

Konjuge linoleik asit (KLA), yağ asidi zincirinde iki adet doymamış çift bağ içeren linoleik asidin (LA) çeşitli pozisyonel ve geometrik izomerlerini ifade etmektedir. İzomerler, LA'nın geniş getiren hayvanların rumeninde stearik aside bakteriyel biyohidrojenasyonu esnasında ara ürün olarak veya memeli salgı bezi ve adipoz dokularında Δ^9 -desaturaz enzimi aracılığıyla *trans* vaksenik asidin desatürasyonu ile sentezlenmektedir. KLA izomerleri birçok gıdada bulunmakla birlikte ağırlıklı olarak geniş getiren hayvanlardan elde edilen et ve süt ürünlerinde bulunmaktadır. KLA izomerlerinin sağlık üzerine çeşitli olumlu etkilerinin olduğu, bununla beraber oluşturabilecekleri potansiyel endişeler de bazı araştırmalarda belirtilmiştir. KLA üretimi sadece rumen bakterilerine özgü olmayıp; bazı laktik asit ve propiyonik asit bakterilerinin yanı sıra süt ürünlerinden, insan ve hayvan bağırsağından izole edilen mikroorganizmaların da üretimde yer aldığı belirlenmiştir. Bu türlerin başta süt endüstrisi olmak üzere gıda sanayinde KLA ile zenginleştirilmiş geleneksel veya yeni fermente ürünlerin üretiminde kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyohidrojenasyon, konjuge linoleik asit, linoleik asit, probiyotik bakteriler.

IMPORTANCE OF CONJUGATED LINOLEIC ACIDS AND THEIR BIOPRODUCTION BY SOME PROBIOTIC STRAINS

Abstract

Conjugated linoleic acid (CLA) is a common term of various positional and geometric isomers of linoleic acid (LA) which contains two unsaturated double bonds in the fatty acid chains. Isomers are synthesized as an intermediate product during the bacterial biohydrogenation of LA to stearic acid in the rumen of ruminants or from the conversion of *trans* vaccenic acid by the Δ^9 -desaturase enzyme in the mammary glands and adipose tissues. CLA isomers are found in many foods, but mainly present in meat and dairy products obtained from ruminant animals. Although there are diverse positive effects of CLA isomers on health, some potential concerns that can be caused by these compounds have been stated in some studies. CLA production is not specific to rumen bacteria; it was determined that some lactic acid and propionic acid bacteria as well as microorganisms isolated from the milk products, human and animal intestines involved in the production. Therefore, use of these microorganisms in food industry, especially within the dairy branch, for the production of traditional or new fermented products enriched with CLA is a great importance.

Keywords: Biohydrogenation, conjugated linoleic acid, linoleic acid, probiotics.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ ademirci@nku.edu.tr,

☎ (+90) 282 250 2165,

☎ (+90) 282 250 9954

GİRİŞ

Beslenme kanser, kardiyovasküler hastalıklar, insülin direnci ve obezite gibi kronik hastalıkların ortaya çıkmasında veya önlenmesinde önemli bir rol oynadığına dair kanıtlar giderek artmaktadır. Bu nedenle kronik hastalıkların olumsuz yöndeki ekonomik ve sosyal etkilerini azaltmak için insan sağlığına yararlı olan gıdaların, yeni beslenme konseptlerinin geliştirilmesi, aynı zamanda bu anlayışın halk sağlığına yönelik girişimlere öncülük olması gerekmektedir (1). Bu amaca yönelik olarak son yıllarda bilimsel araştırmacılar, gıdalardaki insan sağlığı üzerine olumlu etkiler gösteren biyolojik aktif bileşenlerin üzerine yönelmişlerdir (2, 3).

KLA, LA'nın izomerlerine verilen genel bir ad olup, bu spesifik konfigürasyon karbon zincirindeki çift bağların yer değiştirmesi ile oluşmaktadır (4, 5). Diğer bir ifadeyle KLA terimi, yağ asidi zincirinde iki adet doymamış çift bağ içeren LA'nın, çeşitli pozisyonel ve geometrik izomerlerini ifade etmektedir (6). Bu farklı izomerler arasında doğada en yaygın olarak c^9, τ_{11} oktadekadienoik asit ve τ_{10}, c_{12} oktadekadienoik asit bulunmaktadır. İnsan ve hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda her iki izomerin özellikle farelerde göğüs, mide ve kolon kanseri hücrelerinin yayılmasına karşı olumlu etki gösterdiği, bunun yanı sıra organizmanın yağ modülasyonu ve ateroskleroz lezyonlarının azaltılması gibi diğer sağlık etkileriyle de ilişkili olduğu tespit edilmiştir (7-14).

Tarihsel bir perspektiften bakıldığında, rumen biyohidrojenasyonunun varlığı ve önemi 50 yılı aşkın bir süredir bilinmektedir. Fakat KLA'nın biyolojik faaliyetleri yakın zamanda keşfedilmiş ve rumen lipid metabolizması üzerine yapılan *in vivo* ve *in vitro* araştırmalar ile farklı yağ asidi izomerlerinin oluşumu tespit edilmeye çalışılmıştır (1, 15-17).

KLA izomerleri, LA'nın geviş getiren hayvanların rumeninde stearik aside bakteriyel biyohidrojenasyonu esnasında ara ürün olarak veya memeli saldı bez ve adipoz dokularında Δ^9 -desaturaz enzimi aracılığıyla *trans* vaksenik asidin desatürasyonu ile sentezlenmektedir. Desatürasyon ile KLA oluşumu hem geviş getiren hem de monogastrik hayvanlarda gözlenirken, biyohidrojenasyon sadece geviş getiren hayvanlarda gözlenmektedir. Söz konusu biyokimyasal

mekanizmalar sayesinde KLA, geviş getiren hayvanların etlerine ve meme yoluyla da sütlerine ulaşmaktadır. Bu bakımdan LA'nın konjuge izomerlerinin ağırlıklı olarak geviş getiren hayvanların ürünlerinde (et ve süt ürünleri) bulunmasının yanı sıra; birçok gıda maddesi izomiktarda da olsa KLA içermektedir (1, 18, 19).

Bugüne kadar en az 28 farklı KLA izomeri tespit edilmiş olup, bu izomerlerden c^9, τ_{11} oktadekadienoik asit (rumenik asit, RA), özellikle geviş getiren hayvanların et ve süt ürünlerindeki toplam KLA'nın %80'ni oluşturmaktadır (13, 20). Diğer önemli bir izomer olan τ_{10}, c_{12} oktadekadienoik asit ise, bitkisel yağlar ile şorteningler ve margariner gibi kısmen hidrojene edilmiş yağlarda bulunmaktadır. Bunlara ilaveten biyolojik olarak fonksiyonellik gösteren bu izomerler LA'dan veya linolenik asitten çok farklı tekniklerle (alkali ortamda ısıtma veya kısmi hidrojenasyon gibi) elde edilebilmekte; ancak söz konusu izomerlerin çeşitli diğer izomerlerle ve toksik maddelerle kontamine olmasından dolayı doğrudan kullanımı önerilmemektedir. Maliyetin yüksek olması ve izomerlerin saflaştırılmasındaki zorluklar nedeniyle bu şekilde sentezlenmiş KLA güvenilir bir diyet kaynağı olarak değerlendirilememektedir (5, 21).

KLA VE SAĞLIK

KLA'nın insanlardaki kanseri önleme, vücut yağını azaltma, kalp ve damar hastalıklarını önleme, bağımsızlık ve enflamatuar tepkilerin modülasyonu ve kemik sağlığının iyileştirilmesi gibi çeşitli sağlık sorunlarına yönelik olumlu etkisine dair çalışmalar literatürde mevcuttur (22-25). Ancak literatürde bu tespitlerin aksini ifade eden ve KLA'nın karaciğer yağlanması, oksidatif stres, insülin direnci, HDL kolesterolde azalma gibi potansiyel sağlık endişelerine neden olabileceğini belirten kaynaklar da bulunmaktadır (22, 26, 27-32). Dolayısıyla yapılan çalışmalarda ulaşılan sonuçlar birbiriyle çelişkili olup kullanılan yöntemler de çeşitlilik içermektedir (26, 33). Hayvanlar üzerinde yapılan klinik çalışmalarda ise KLA'nın karsinogenezi ve ateroskleroza engellediği, organizmanın bağımsızlık fonksiyonunu geliştirdiği, yağsız vücut kitlesini arttırıp vücut yağ kazancını azaltarak vücut kompozisyonu değişimini olumlu yönde etkilediği ve genç ratların büyümesini teşvik ettiği belirlenmiştir (22, 34-36).

Hayvanlar üzerinde yapılan ve biyolojik etkiye bağlı olarak değerlendirilen, KLA'nın etkili dozları hakkında deneysel modellerde farklılıklar bulunduğu gibi insanlar için önerilen günlük alım miktarı da çok çeşitlidir (19, 37). Çeşitli metodolojiler kullanılarak yapılan hesaplamalara göre, RA alımı günlük 50-1000 mg arasında değişmektedir. ABD'de diyetle tavsiye edilen alım miktarı 50-250 mg/gün, Almanya'da ise 350-430 mg/gün arasında değişmektedir. RA alımına dair bildirilen farklılıkların, muhtemelen bazı toplumlardaki (örneğin Almanya) yüksek yağ tüketiminin yanı sıra, ilgili bölgelerde bulunan gıdaların daha yüksek konsantrasyonlarda RA içermesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (38). Bununla birlikte yapılan farklı çalışmalarda 3-6 g/gün arasındaki KLA alım dozu güvenilir olarak kabul edilmiştir (39).

Diğer yandan Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'nin mevcut trans yağ etiketleme kuralına göre; "Bir veya daha fazla izole edilmiş çift bağ (yani konjuge olmayan) içeren tüm doymamış yağ asitleri, trans konfigürasyonundadır" şeklinde tanımlanmaktadır. Bu nedenle 'konjuge' trans yağ asitleri, özellikle KLA, trans yağ etiketleme kuralı dışında tutulmuştur. Buna ek olarak KLA'nın 50:50 oranındaki karışımları 2008 yılından bu yana ABD'de belirli gıda türleri için genel olarak güvenli (GRAS) kabul edilmiştir (22).

Tüm bunlara ilaveten KLA'nın anti-kanserojen ve anti-obezite etkilerinin kemirgenlerde *in vivo* ve *in vitro* olarak tespitiyle birlikte, insan beslenmesinin yanı sıra hayvanlar tarafından tüketimine yönelik ilgi de artmıştır (18). Besicilikte buna yönelik çalışmaların üç ana amacı bulunmaktadır. Birincisi; geniş getiren hayvanlarda rasyonla birlikte alınan KLA miktarının artırılıp, bunlardan elde edilen ürünlerin tüketimine bağlı olarak insanlardaki KLA alım dozunun yükseltilmesidir (40, 41). İkincisi; hayvanların vücut yağının azaltılması, büyüme ve beslenmede verimliliğin artması gibi besicilikte önemli faktörlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Son olarak; KLA'nın sağlık üzerine doğrudan anti-enflamatuar ve/veya immün-iyileştirici etkileri neticesinde çiftlik hayvanlarında sağlığın iyileştirilmesi ve korunması hedeflenmiştir (41).

KLA'NIN PROBİYOTİK SUŞLAR TARAFINDAN SENTEZİ

KLA üretiminde ruminal anaerob *Butyrivibrio fibrisolvens* ilk bakteri olarak tespit edilmiştir. Ardından yapılan araştırmalar neticesinde KLA

üretiminde sadece rumen bakterilerine özgü olmadığı ortaya çıkmıştır. Laktik asit bakterileri ile propiyonik asit bakterilerinin dâhil olduğu, süt ürünlerinden, insan ve hayvan bağırsağından izole edilen mikroorganizmaların da KLA üretiminde yer aldığı tespit edilmiştir. Şu ana kadar; *Lactobacillus reuteri*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. acidophilus*, *L. lactis*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium* spp. ile *Streptococcus* spp. gibi organizmaların KLA oluşturabildiği belirlenmiştir (42, 43). Bu türlerin, başta süt endüstrisi olmak üzere gıda sanayinde KLA ile zenginleştirilmiş geleneksel veya yeni fermente ürünlerin üretiminde kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Fermantasyon sürecinde probiyotik bakteriler tarafından KLA sentezini etkileyen en önemli parametrelerden biri substrat niteliği ve konsantrasyonudur. Ancak substrat niteliğinde olan LA, bakterilerin üremesini inhibe etmektedir. Bu nedenle yakın zamanda yapılan araştırmalarda LA'nın inhibe edici etkisini önlemek için mikroorganizma hücreleri uygun bir buffer kullanılarak yıkanmaktadır. Bu sayede reaksiyon boyunca substrat olan LA konsantrasyonu arttırılabilmektedir (44). KLA üretimi, substrat konsantrasyonunun yanı sıra kullanılan bakteri türünden, kültür ortamından, fermantasyon sıcaklığından ve süresinden de etkilenmektedir. Oluşturulan izomerlerin de aynı zamanda suşa bağlı olduğu ve bazı mikroorganizmaların sadece bir izomer üretirken; bazılarının ise iki ya da daha fazla KLA formu oluşturduğu belirlenmiştir (37, 45-50). Araştırmacıların çeşitli bakteri türleri tarafından KLA üretiminde kullandıkları substratlar çoğunlukla serbest yağ asitleri olsa da alternatif substrat kaynakları da değerlendirilmiştir. Birçok çalışmada bitkisel yağlar (hidrolize veya hidrolize edilmemiş) ve eksojen yağ asidi kaynağı olarak mono- veya di-linoleinler kullanılmıştır (37, 51).

Probiyotik laktik asit bakterileri fonksiyonel gıdaların önemli bir bileşeni olarak kabul edilmekte ve bu gruptaki organizmaların sağlık üzerine çeşitli olumlu etkileri bulunmaktadır (52). Bilinen özelliklerinin yanı sıra araştırmacılar bu organizmaların KLA oluşumu ile anti-kanserojen aktivite sergilediklerini tespit etmişlerdir (53). Bu araştırmalarda KLA oluşum mekanizmasının, elde edilen izomerlerin oranlarının ve optimum koşulların türden türe oldukça değişkenlik gösterdiği görülmektedir (37, 54, 55). Bu bağlamda,

serbest yağ asitlerini konjuge forma dönüştürme yeteneğine sahip probiyotik bakteriler sayesinde bu gruptaki mikroorganizmalara sağlığı olumlu yönde etkileyen ilave özellikler eklenebilir (56).

Diğer yandan *Propionibacteriaceae* ile *Bifidobacteriaceae* familyasına ait belirli türler de insan sağlığına olumlu etkileri nedeniyle probiyotik olarak kullanılmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre pek çok fonksiyonel gıda, ürün içeriğine bu türlerin ilavesiyle geliştirilmiştir (57-58). Özellikle süt ve süt ürünlerinde yaygın olarak bulunan propiyonik asit bakterileri, *in vitro* LA izomerizasyon kapasitesi nedeniyle peynir ve yoğurt gibi fermente ürünlere dahil edilebilmektedir (59). Bu bakımdan literatürde uzun bir süreden beri bu iki familyaya ait farklı türler tarafından KLA üretimine yönelik çeşitli araştırmalar yoğun bir şekilde yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (48, 60-63).

Konuya ilişkin çalışmalara bakıldığında; Kishino ve ark. (64)'nın *L. plantarum* AKU 1009a ile LA'dan KLA üretimi; pH, süre, sıcaklık ve substrat konsantrasyonu gibi farklı parametreler optimize edilerek gerçekleştirilmiştir. Oluşan KLA izomerlerinin reaksiyon koşullarına bağlı olarak değiştiği ve yüksek substrat konsantrasyonunda c9,t11 izomerinin daha fazla oluşurken, düşük substrat konsantrasyonunda bu izomerin daha az miktarda meydana geldiği belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular, *L. plantarum* AKU 1009a'nın KLA üretiminde gelecek vaat eden bir biyokatalizör olduğunu göstermiştir.

Xu ve ark. (65) tarafından yapılan bir çalışmada probiyotik bakteriler tarafından üretilen fermente sütün KLA içeriği ve duyu özellikleri incelenmiştir. *L. rhamnosus*, *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* 51, 56 ve *P. freudenreichii* subsp. *freudenreichii* 23 olmak üzere 4 probiyotik bakteri tek başına ya da geleneksel yoğurt kültürleri (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Str. salivarius* subsp. *thermophilus*) ile birlikte değerlendirilmiş ve lipit kaynağı olarak hidrolize soya yağı kullanılmıştır. Yoğurt kültürü ile birlikte inoküle edilen *L. rhamnosus* grubunda en yüksek KLA verimi elde edilmiştir. Lin ve ark. (66) tarafından *L. delbrueckii* ve *L. acidophilus*'un immobilize edilmiş hücreleri kullanılarak KLA üretimine yönelik yapılan diğer bir araştırmada, immobilizasyon işleminin KLA üretiminin artırılmasında potansiyel bir uygulama olduğu belirlenmiştir.

Yapılan farklı bir çalışmada; *L. acidophilus* ve *L. casei* içeren probiyotik 'Dahi' ürününde, fermantasyon esnasında ve 4°C'de 10 günlük depolama sonrasında serbest yağ asitleri ve KLA üretimi incelenmiş ve probiyotik laktobasillerin; süt yağının lipolizi ile serbest yağ asitlerini arttırdığı, aynı zamanda serbest LA'yı kullanarak KLA ürettiği ve böylece ürüne besleyici ve tedavi edici özellikler kazandırabileceği rapor edilmiştir (67).

Salamon ve ark. (68) tarafından ayçiçek yağı ilave edilerek, süt ürünlerinde KLA içeriğinin artırılmasına yönelik yapılan araştırmada *L. plantarum*, *L. casei* ve *L. acidophilus*'a ait saf kültürlerin KLA sentezinde uygun probiyotikler oldukları belirlenmiştir.

KLA'nın probiyotik suşlar tarafından sentezine yönelik diğer bir çalışmada, KLA oluşturabilen 43 laktik asit bakteri suşu, 3 çeşit doğal fermente turşudan izole edilmiş ve neticesinde yüksek LA toleransı ve yüksek oranda KLA dönüşüm oranı sergileyen *L. plantarum*'un Ip15 suşu, fermente gıda ürünlerinde KLA içeriğinin zenginleştirilmesine yönelik değerli bir biyokatalizör olarak ifade edilmiştir (21).

SONUÇ

KLA, fonksiyonel bir gıda bileşeni olmasının dışında önemli hastalıkların önlenmesi için bir umut ışığıdır. Araştırmacılar tarafından fonksiyonel gıdaların KLA ile zenginleştirilmesine ilişkin çalışmalar yoğun bir şekilde yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Günümüzde KLA alımını artırmak için gıda ürünlerinde besin kaynaklı veya besin kaynaklı olmayan ürünler rutin olarak kullanılmaktadır. Geviş getiren hayvanların rasyonlarına LA içeren bitkisel veya hayvansal kaynaklı yağların katılanması, gıda kaynaklı KLA alımının artırılmasına yönelik popüler uygulamalar arasında yer almaktadır. Öte yandan, gıda kaynaklı bakteri suşları kullanılarak da diyetel olmayan yöntemler ile KLA sentezi yaygın olarak yapılmakta ve dünya çapında dikkat çekmektedir. Bu amaca yönelik olarak LA'dan KLA eldesinde çeşitli probiyotik bakteri türleri yakın zamanda farklı çalışmalara konu olmuştur. Yapılan bu çalışmalarda bazı suşların ciddi oranlarda KLA oluşumuna katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle starter veya yardımcı kültürler kullanılarak gıdaların KLA açısından zenginleştirilmesi, fonksiyonel gıda imalatında ve bu bağlamda insan sağlığına yönelik olumlu sonuçların elde edilmesinde umut verici bir saha yaratmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Shingfield KJ, Wallace RJ. 2014. Synthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In: *Conjugated Linoleic Acids and Conjugated Vegetable Oils*, Sels BF, Philippaerts A (eds), The Royal Society of Chemistry, UK, pp. 1-65.
2. Manzano S, Williamson G. 2010. Polyphenols and phenolic acids from strawberry and apple decrease glucose uptake and transport by human intestinal Caco-2 cells. *Mol Nutr Food Res*, 54 (12): 1773-1780.
3. Oyeleke GO, Olagunju EO, Ojo A. 2012. Functional and physicochemical properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed and seed-oil. *J Appl Chem*, 2 (2): 29-31.
4. Simakova OA, Leino AR, Campo B, Mäki-Arvela P, Kordás K, Mikkola JP, Murzin DY. 2010. Linoleic acid isomerization over mesoporous carbon supported gold catalysts. *Catal Today*, 150 (1): 32-36.
5. Quirino RL, 2014. Commercial CLA and its chemical use. In: *Conjugated Linoleic Acids and Conjugated Vegetable Oils*, Sels BF, Philippaerts A (eds), The Royal Society of Chemistry, UK, pp. 117-130.
6. Philippaerts A, Goossens S, Jacobs PA, Sels BF. 2011. Catalytic production of conjugated fatty acids and oils. *ChemSusChem*, 4 (6): 684-702.
7. Kritchevsky D, Tepper SA, Wright S, Czarnecki SK. 2002. Influence of graded levels of conjugated linoleic acid (CLA) on experimental atherosclerosis in rabbits. *Nutr Res*, 22 (11): 1275-1279.
8. Kelley NS, Hubbard NE, Erickson KL. 2007. Conjugated linoleic acid isomers and cancer. *J Nutr*, 137 (12): 2599-2607.
9. Park Y, Pariza MW. 2007. Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid. *Food Res Int*, 40 (3): 311-323.
10. Soel SM, Choi OS, Bang MH, Park JHY, Kim WK. 2007. Influence of conjugated linoleic acid isomers on the metastasis of colon cancer cells *in vitro* and *in vivo*. *J Nutr Biochem*, 18 (10): 650-657.
11. Dilzer A, Park Y. 2012. Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Crit Rev Food Sci*, 52 (6): 488-513.
12. McGowan MM, Eisenberg BL, Lewis LD, Froehlich HM, Wells WA, Eastman A, Kuemmerle NB, Rosenkrantz KM, Barth RJ, Schwartz GN, Li Z, Tosteson TD, Beaulieu BB, Kinlaw WB. 2013. A proof of principle clinical trial to determine whether conjugated linoleic acid modulates the lipogenic pathway in human breast cancer tissue. *Breast Cancer Res Treat*, 138 (1): 175-183.
13. Bhatia A, Sharma A, Balgir PP, Kapoor D. 2015. Anti-cancerous effect of linoleic acid and conjugated linoleic acid on hepatic cancer cells and histocytic lymphoma cells: *In vitro*. *Adv Appl Sci Res*, 6 (4): 114-117.
14. Martins SV, Madeira A, Lopes PA, Pires VMR, Alfaia CM, Prates JAM, Moura T, Soveral G. 2015. Adipocyte membrane glycerol permeability is involved in the antiadipogenic effect of conjugated linoleic acid. *Biochem Biophys Res Commun*, 458 (2): 356-361.
15. Alves SP, Maia MRG, Bessa RJB, Fonseca AJM, Cabrita ARJ. 2012. Identification of C18 intermediates formed during stearidonic acid biohydrogenation by rumen microorganisms *in vitro*. *Lipids*, 47 (2): 171-183.
16. Buccioni A, Decandia M, Minieri S, Molle G, Cabiddu A. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Anim Feed Sci Tech*, 174 (1): 1-25.
17. Huws SA, Kim EJ, Cameron SJS, Girdwood SE, Davies L, Tweed J, Vallin H, Scollan ND. 2015. Characterization of the rumen lipidome and microbiome of steers fed a diet supplemented with flax and echium oil. *Microb Biotechnol*, 8 (2): 331-341.
18. Singh P, Senani S, Prasad CS, Rao SBN. 2013. Manipulation of conjugated linoleic acid in milk and meat through dietary management in ruminant animals: A Review. *Indian J Hill Farm*, 26 (2): 1-15.
19. Demirok E, Kolsarıcı N. 2010. Et ve et ürünlerinde konjuge linoleik asit ve önemi. *GIDA*, 35 (1): 71-77.
20. Buhrke T, Merkel R, Lengler I, Lampen A. 2012. Absorption and metabolism of *cis*-9, *trans*-11-CLA and of its oxidation product 9,11-furan fatty acid by caco-2 cells. *Lipids*, 47 (4): 435-442.

21. Liu P, Shen SR, Ruan H, Zhou Q, Ma LL, He GQ. 2011. Production of conjugated linoleic acids by *Lactobacillus plantarum* strains isolated from naturally fermented Chinese pickles. *J Zhejiang Univ Sci B*, 12 (11): 923-930.
22. Park Y, Wu Y. 2014. Health benefits of conjugated fatty acids. In: *Conjugated Linoleic Acids and Conjugated Vegetable Oils*, Sels BF, Philippaerts A (eds), The Royal Society of Chemistry, UK, pp. 94-116.
23. Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr*, 130 (12): 2943-2948.
24. Risérus U, Berglund L, Vessby B. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) reduced abdominal adipose tissue in obese middle-aged men with signs of the metabolic syndrome: A randomised controlled trial. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25 (8): 1129-1135.
25. Chen SC, Lin YH, Huang HP, Hsu WL, Hwang JY, Huang CK. 2012. Effect of conjugated linoleic acid supplementation on weight loss and body fat composition in a Chinese population. *Nutrition*, 28 (5): 559-565.
26. Gebauer SK, Chardigny JM, Jakobsen MU, Lamarche B, Lock AL, Proctor SD, Baer DJ. 2011. Effects of ruminant trans fatty acids on cardiovascular disease and cancer: A comprehensive review of epidemiological, clinical, and mechanistic studies. *Adv Nutr*, 2 (4): 332-354.
27. Vemuri M, Kelley DS. 2010. Insulin resistance and non-alcoholic fatty liver disease induced by conjugated linoleic acid in humans. In: *Modern Dietary Fat Intakes in Disease Promotion*, Meester FD, Zibadi S, Watson RR (eds), Humana Press, USA, pp. 133-147.
28. Venkatramanan S, Joseph SV, Chouinard PY, Jacques H, Farnworth ER, Jones PJ. 2010. Milk enriched with conjugated linoleic acid fails to alter blood lipids or body composition in moderately overweight, borderline hyperlipidemic individuals. *J Am Coll Nutr*, 29 (2): 152-159.
29. Joseph SV, Jacques H, Plourde M, Mitchell PL, McLeod RS, Jones PJH. 2011. Conjugated linoleic acid supplementation for 8 weeks does not affect body composition, lipid profile, or safety biomarkers in overweight, hyperlipidemic men. *J Nutr*, 141 (7): 1286-1291.
30. McCrorie TA, Keaveney EM, Wallace JMW, Binns N, Livingstone MBE. 2011. Human health effects of conjugated linoleic acid from milk and supplements. *Nutr Res Rev*, 24 (2): 206-227.
31. Stout MB, Liu LF, Belury MA. 2011. Hepatic steatosis by dietary-conjugated linoleic acid is accompanied by accumulation of diacylglycerol and increased membrane-associated protein kinase C epsilon in mice. *Mol Nutr Food Res*, 55 (7): 1010-1017.
32. Derakhshande-Rishehri SM, Mansourian M, Kelishadi R, Heidari-Beni M. 2015. Association of foods enriched in conjugated linoleic acid (CLA) and CLA supplements with lipid profile in human studies: A systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutr*, 18 (11): 2041-2054.
33. Lehnen TE, Da Silva MR, Camacho A, Marcadenti A, Lehnen AM. 2015. A review on effects of conjugated linoleic fatty acid (CLA) upon body composition and energetic metabolism. *J Int Soc Sports Nutr*, 12 (36): 1-11.
34. Chin SF, Storkson JM, Albright KJ, Cook ME, Pariza MW. 1994. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J Nutr*, 124 (12): 2344-2349.
35. Kennedy A, Martinez K, Schmidt S, Mandrup S, LaPoint K, McIntosh M. 2010. Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. *J Nutr Biochem*, 21 (3): 171-179.
36. Sagwal R, Kansal VK. 2010. Synergistic effect of synthetic conjugated linoleic acid & non-fat milk on fat deposition & lipid metabolism in mice. *Indian J Med Res*, 131 (3), 449-454.
37. Nieuwenhove CPV, Terán V, González SN. 2012. Conjugated linoleic and linolenic acid production by bacteria: Development of functional foods. In: *Probiotics*, Rigobelo EC (ed), Chapter 3, InTech, Croatia, pp. 55-88.
38. McGuire MK, McGuire MA, Ritzenthaler K, Shultz TD. 1999. Dietary sources and intakes of conjugated linoleic acid intake in humans. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ (eds), Vol:1, AOCS Press, pp: 369-377.
39. Iwata T, Kamegai T, Yamauchi-Sato Y, Ogawa A, Kasai M, Aoyama T, Kondo K. 2007. Safety of dietary conjugated linoleic acid (CLA) in a 12-weeks trial in healthy overweight Japanese male volunteers. *J Oleo Sci*, 56 (10): 517-525.

40. Angulo J, Hiller B, Olivera M, Mahecha L, Dannenberger D, Nuernberg G, Losand B, Nuernberg K. 2012. Dietary fatty acid intervention of lactating cows simultaneously affects lipid profiles of meat and milk. *J Sci Food Agric*, 92 (15): 2968-2974.
41. Everaert N, Koppenol A, Buyse J. 2014. Use of CLA in animal feed. In *Conjugated Linoleic Acids and Conjugated Vegetable Oils*, Sels BF, Philippaerts A (eds), The Royal Society of Chemistry, UK, pp. 66-93.
42. O'Shea EF, Cotter PD, Stanton C, Ross RP, Hill C. 2012. Production of bioactive substances by intestinal bacteria as a basis for explaining probiotic mechanisms: Bacteriocins and conjugated linoleic acid. *Int J Food Microbiol*, 152 (3): 189-205.
43. Andrade JC, Ascençao K, Gullon P, Henriques SMS, Pinto JMS, Rocha-Santos TAP, Freitas AC, Gomes AM. 2012. Production of conjugated linoleic acid by food-grade bacteria: A review. *Int J Dairy Technol*, 65 (4): 467-481.
44. Ogawa J, Takeuchia M, Kishino S. 2014. Recent advances in the production of CLA and conjugated vegetable oils: Microbial and enzymatic production of conjugated fatty acids and related fatty acids in biohydrogenation metabolism. In: *Conjugated Linoleic Acids and Conjugated Vegetable Oils*, Sels BF, Philippaerts A (eds), The Royal Society of Chemistry, UK, pp. 131-150.
45. Zhao HW, Lv JP, Li SR. 2011. Production of conjugated linoleic acid by whole-cell of *Lactobacillus plantarum* A6-1F. *Biotechnol Biotec Eq*, 25 (1): 2266-2272.
46. Rahnama F, Pourahmad R, Vanak ZP. 2013. Production of probiotic soy yogurt containing conjugated linoleic acid. *Annals Biol Res*, 4 (6): 182-187.
47. Soto C. 2013. Effect of isomalto-oligosaccharide and gentio-oligosaccharide on the growth and fatty acid profile of *Lactobacillus plantarum*. *Electron J Biotechnol*, 16 (4): 1-10.
48. Khosravi-Darani K, Reihani FS, Feili R. 2014. Bioproduction of conjugated linoleic acid in yogurt by probiotic bacteria. *Int J Biotechnol Wellness Ind*, 3 (2): 62-68.
49. Al-Hindi RR, Abd-El-Ghani S. 2015. Production of free conjugated linoleic acid by fermentation performed using *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium bifidum*. *Global Veterinaria*, 14 (5): 720-728.
50. Khosravi A, Safari M, Khodaiyan F, Gharibzahedi SMT. 2015. Bioconversion enhancement of conjugated linoleic acid by *Lactobacillus plantarum* using the culture media manipulation and numerical optimization. *J Food Sci Technol*, 52 (9): 5781-5789.
51. Rodríguez-Alcalá LM, Braga T, Malcata FX, Gomes A, Fontecha J. 2011. Quantitative and qualitative determination of CLA produced by *Bifidobacterium* and lactic acid bacteria by combining spectrophotometric and Ag+-HPLC techniques. *Food Chem*, 125 (4): 1373-1378.
52. Kumari A, Catanzaro R, Marotta F. 2011. Clinical importance of lactic acid bacteria: A short review. *Acta Biomed*, 82 (3): 177-180.
53. Ongol MP. 2012. Lactic acid bacteria in health and disease. *Rwanda J Health Sci*, 1 (1): 39-50.
54. Abd El-Salam MH, El-Shafei K, Sharaf OM, Effat BA, Asem FM, El-Aasar M. 2010. Screening of some potentially probiotic lactic acid bacteria for their ability to synthesis conjugated linoleic acid. *Int J Dairy Technol*, 63 (1): 62-69.
55. Sosa-Casta eda J, Hernández-Mendoza A, Astiazarán-García H, García HS, Estrada-Montoya MC, González-Córdova AF, Vallejo-Cordoba B. 2015. Screening of *Lactobacillus* strains for their ability to produce conjugated linoleic acid in milk and to adhere to the intestinal tract. *J Dairy Sci*, 98 (10): 6651-6659.
56. Dubey V, Ghosh, AR, Mandal BK. 2012. Appraisal of conjugated linoleic acid production by probiotic potential of *Pediococcus spp.* GS4. *Appl Biochem Biotechnol*, 168 (5): 1265-1276.
57. Hidalgo-Cantabrana C, Arbolea S, Sanchez B, Gueimonde M, De Los Reyes-Gavilán CG, Margolles A, Ruas-Madiedo P. 2014. Intestinal microbiota as a source of probiotic *Bifidobacterium* strains: Challenges and opportunities for the development of functional foods. In: *Beneficial Microbes in Fermented and Functional Foods*, Rai VR, Bai JA (eds), CRC Press, USA, pp. 309-322.
58. Martínez FAC, Balciunas EM, Converti A, Cotter PD, De Souza Oliveira RP. 2013. Bacteriocin production by *Bifidobacterium spp.*: A review. *Biotechnol Adv*, 31 (4): 482-488.
59. Zárate G. 2012. Dairy *Propionibacteria*: Less conventional probiotics to improve the human and animal health. In: *Probiotic in Animals*. Rigobelo EC (chief ed), InTech, Croatia, pp. 153-202.

60. Gorissen L, Raes K, Weckx S, Dannenberger D, Leroy F, De Vuyst L, De Smet S. 2010. Production of conjugated linoleic acid and conjugated linolenic acid isomers by *Bifidobacterium* species. *Appl Microbiol Biot*, 87 (6): 2257-2266.
61. Park HG, Heo W, Kim SB, Kim HS, Bae GS, Chung SH, Seo HC, Kim YJ. 2011. Production of conjugated linoleic acid (CLA) by *Bifidobacterium breve* LMC520 and its compatibility with CLA-producing rumen bacteria. *J Agric Food Chem*, 59 (3): 984-988.
62. Vinderola G, Binetti A, Burns P, Reinheimer J. 2011. Cell viability and functionality of probiotic bacteria in dairy products. *Front Microbiol*, 2 (70): 1-6.
63. Villar-Tajadura MA, Rodríguez-Alcalá LM, Martín V, Gómez De Segura A, Rodríguez JM, Requena T, Fontecha J. 2014. Production of conjugated linoleic and conjugated α -linolenic acid in a reconstituted skim milk-based medium by bifidobacterial strains isolated from human breast milk. *Biomed Res Int*, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/725406> (Accessed 25 November 2015).
64. Kishino S, Ogawa Y, Omura Y, Matsumura K, Shimizu S. 2002. Conjugated linoleic acid production from linoleic acid by lactic acid bacteria. *J Am Oil Chem Soc*, 79 (2): 159-163.
65. Xu S, Boylston TD, Glatz BA. 2005. Conjugated linoleic acid content and organoleptic attributes of fermented milk products produced with probiotic bacteria. *J Agric Food Chem*, 53 (23): 9064-9072.
66. Lin TY, Hung TH, Cheng TSJ. 2005. Conjugated linoleic acid production by immobilized cells of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus*. *Food Chem*, 92 (1): 23-28.
67. Yadav H, Jain S, Sinha PR. 2007. Production of free fatty acids and conjugated linoleic acid in probiotic dahi containing *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* during fermentation and storage. *Int Dairy J*, 17 (8): 1006-1010.
68. Salamon RV, Loki K, Varga-Visi E, Mandoki Z, Csapo J. 2009. Increase of conjugated linoleic acid content of dairy products by adding sunflower oil. *Acta Univ Sapient Alim*, 2 (2): 287-293.

GIDA ATIKLARININ PEKTİNAZ ENZİMİ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Sibel Uzuner^{1,2}, Deniz Çekmecelioglu^{1*}

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

²Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu

Geliş tarihi / *Received*: 29.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 15.02.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 17.02.2016

Özet

Fermantasyon teknolojisindeki hızlı gelişmeler, enzimlerin kullanım alanlarının artması (gıda, çevre, kimya, eczacılık gibi) ve maliyetlerinin yüksek olması bu alandaki çalışmaların ivmesini giderek arttırmaktadır. Bu nedenle, başta artan gereksinimi karşılamak ve enzim üretim maliyetini düşürmek amacıyla, fermantasyon koşullarının optimize edilmesi ve mikroorganizmaların gelişimi için karbon kaynağı olarak ucuz hammadde kullanımının sağlanması öncelikli bir öneme sahiptir. Türkiye’de yılda 25 milyon ton tarımsal atık açığa çıkmakta, ancak sınırlı endüstriyel kullanımları nedeniyle halen çevresel ve sağlık açısından tehdit oluşturmaktadırlar. Bu derlemede, başta gıda endüstrisi olmak üzere, yaygın olarak kullanılan pektinaz enziminin üretimi, kullanılmakta olan karbon kaynakları açısından irdelenmiş, tarımsal-gıda atıklarının kullanım kapasitesi tartışılmış ve kullanıma açık yeni ham maddeler tavsiye edilmiştir. Ayrıca, pektinaz enziminin gıda sanayinde kullanımı ile ilgili örneklerle de yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Pektinolitik enzimler, tarımsal-gıda atıkları, biyodönüşüm, lignoselülozik biyokütle

UTILIZATION OF FOOD WASTES IN PECTINASE PRODUCTION

Abstract

Rapid advances in fermentation technology, increasing application areas of enzymes (such as food, environmental, chemical, pharmaceuticals) and high cost of enzymes have gradually caused increased acceleration of studies in this area. Therefore, optimization of fermentation conditions and utilization of inexpensive raw materials as a carbon source for growth of microorganisms have leading priority in order to meet the increasing demand and reduce the enzyme production costs. Annual production of agricultural wastes is 25 million tons in Turkey, however due to their limited industrial use, these wastes still cause environmental and health threat. In this review, production of pectinase enzyme, widely used in food industry, has been discussed in terms of carbon sources being used during production, the potential usage of agro-food wastes was evaluated and new raw materials have been recommended. In addition, examples of pectinase application to food industry were also included.

Keywords: Pectinolytic enzymes, agro-food wastes, bioconversion, lignocellulosic biomass

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ denizc@metu.edu.tr,

☎ (+90) 312 210 5631,

☎ (+90) 312 210 2767

GİRİŞ

Enzimler, hücredeki biyokimyasal reaksiyonları kataliz eden protein yapısına sahip maddelerdir. Endüstriyel birçok alanda kullanılan enzimler genellikle mikroorganizmalardan elde edilmektedirler. Bugüne kadar 2000'den fazla enzim tanımlanmış ve bunlardan yaklaşık 100 tanesi ticari olarak kullanıma uygun bulunmuştur. Fakat günümüzde sadece 18 tanesi endüstriyel amaçla üretilmektedir (1). Biyoteknolojik öneme sahip olan enzimler, alfa amilaz, selüloz, ksilanaz, proteaz, lipaz, pektinazlar, renin, glukoamilaz ve lakkazdır (2). Gıda ve içecek sektöründe kullanılan enzimler, yaklaşık %50 oranla endüstriyel enzim pazarının en büyük kısmını oluşturmaktadır. Gıda enzim üretiminin %25'ini oluşturan pektinolitik enzimler veya pektinazlar ise, pektik bileşikleri farklı mekanizmalarla parçalayabilen bir enzim grubudur (3). Pektinazlar dünya enzim piyasasında büyük payı bulunan ve gıda, tekstil, kâğıt ve atık suların arıtılması gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (4).

Ancak enzim maliyetinin halen yüksek oluşu endüstriyel son ürünü de etkilemektedir. Ucuz karbon kaynaklarının kullanımı önemli bir maliyet düşüşü sağlayabilmektedir. Son zamanlarda maliyeti düşürmek amacıyla, mikrobiyal enzimler, biyoyakıtlar, organik çözücüler gibi katma değerli ürünlerin, karbon kaynağı olarak sürdürülebilir tarımsal atıklar (başta lignoselülozikler olmak üzere) kullanarak üretimi üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır, hatta ürüne bağlı olarak da geleneksel kimyasal yöntemlerin de önüne geçmiştir. Lignoselülozik maddeler doğada bol miktarlarda bulunan yenilenebilir biyokütle kaynağıdır (5). Lignoselülozik maddelerin büyük bir kısmı; orman, tarım, kâğıt, gıda ve endüstriyel atıklardan oluşmaktadır (6). Bu atıklar kısmen ya yakılmakta ya da toprak kalitesini iyileştirmek amacı ile toprağa katılmaktadır. Dolayısıyla, çok az bölümü geri dönüştürülmektedir. Halbuki lignoselülozik maddeler yapısındaki polisakkaritlerin çeşitli önışlemlerle hidrolizi ve devamında fermantasyon ile enzim, biyoyakıtlar, organik çözücüler (etil alkol, metil alkol vb) üretimi için ucuz ve sürdürülebilir alternatif ham maddelerdir.

Endüstriyel ölçekte lignoselülozik ham maddelerden pektinaz üretiminin yaygınlaşması için geniş bilgi birikimi ile bu bilgilerin de sürekli güncellenmesi gereklidir. Genellikle, pektinazla ilgili derleme

makalelerinde pektin yapısı, pektinolitik enzim çeşitleri ve etki mekanizmaları ile bu enzime ait uygulama alanları hakkındaki bilgiler ön plandadır (7). Öte yandan, bu derlemede düşük maliyetli pektinaz üretimini yaygınlaştırmak amacıyla tarımsal ve gıda sanayi atıklarının enzim üretiminde karbon kaynağı olarak kullanım kapasitesi irdelenmiş ve yeni çalışmalarla kazandırılan ham maddelere dikkat çekilmiştir. Ham madde seçiminin fermantasyon yöntemini etkilemesi nedeniyle (derin kültür veya katı kültür fermantasyon) genel enzim üretim yöntemlerine de kısaca değinilmiştir.

PEKTİNİZ ENZİMİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN KARBON KAYNAKLARI

Endüstriyel fermantasyon proseslerinde kullanılan mikroorganizmaların besin gereksinimleri komplekstir ve mikroorganizmadan mikroorganizmaya değişmektedir. Biyokütlenin kuru ağırlığının %50'si karbondur. Karbonhidratlar mükemmel karbon, oksijen, hidrojen ve enerji kaynaklarıdır. Katabolizma sırasında glikoz karbondioksit, su ve enerjiye dönüşür. Nişasta, glikoz, sakkaroz ve melas gibi karbon kaynakları enzim, antibiyotik ve ikincil metabolitlerin fermantasyonla üretiminde gelişim substratı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fermantasyon ortamında birden fazla karbon kaynağı olduğu zaman karbon kaynaklarının düzenli ve ardışık bir şekilde kullanımı mümkündür. Bu koşullar altında, hücre ortamda mevcut olan en iyi karbon kaynağını (gelişim için karbon ve enerjiyi en hızlı bir şekilde temin edileni) katabolize eder (8).

Öte yandan, endüstriyel enzim maliyetinin %30-40'ını kültür ortamının maliyeti oluşturduğu göz önüne alındığında, bu maliyeti düşürmek amacıyla bol ve ucuz ham maddelerin kullanımı son yıllarda araştırmacıların üzerinde önemle durduğu hususlardan biridir. Son yıllarda karbon kaynağı olarak doğada bol miktarlarda bulunan ve yenilenebilir lignoselülozik maddelerin kullanımı hızla popüler olmuştur. Ağaçlar, tarla ürünleri, çeşitli organik çöpler ve mutfak artıkları lignoselülozik maddelere örnektir. Çeşitli lignoselülozik maddeler ve kullanım şekilleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'e göre bu maddelerin en basit ve çevre dostu olmayan kullanım şekli ısı elde etme amacıyla yakılmalarıdır.

Çizelge 1. Lignoselülozik maddeler ve kullanım şekilleri

Lignoselülozik materyal	Artıkları	Kullanım yerleri
Şeker kamışı ve diğer şeker ürünleri İşlenmiş mısır, buğday, pirinç Meyve sebze işleme	Posa Atık su, kepek Tohum, kabuk,	Yakacak Hayvan yemi Hayvan ve balık yemi, bazı tohumlardan yağ özütleme
Yağlı tohum bitkileri, sert kabuklular, pamuk tohumu, zeytin Hayvan atığı	Kabuklar, lif, pres atığı, kabuk zarı Gübre ve diğer atıklar	Hayvan yemi, gübre, yakacak Gübre

Lignoselülozik atıklar ham petrol, doğal gaz, soya yağı gibi diğer kaynaklardan oldukça daha ucuzdur. Lignoselülozik atıklar her yıl çok fazla miktarda açığa çıkmaktadır. 2005 yılı verilerine göre ABD’de tarımsal kaynaklı lignoselülozik atıklar yılda 933 milyon ton iken orman kaynaklı olanları ise 368 milyon tondur (9). Kanada ise biyokütle üretiminde ikinci sırada yer almaktadır. Ticari prosesler yoluyla Kanada’da yıllık 200 milyon ton lignoselülozik atık üretilmektedir (9). Türkiye’de ise 2012 yılı verilerine göre yıllık 25 milyon ton üzerinde tarım ve gıda endüstrisi atıkları açığa çıkmaktadır (10). Bu yan ürünlerin endüstriyel kullanımı sınırlıdır ve potansiyel çevresel tehdit oluşturmaktadır.

Son yıllarda pektinaz üretiminde çeşitli gıda-tarım endüstrisi atıklarının kullanımı artmıştır. Pektinazların üretiminde, narenciye kabuğu (11), portakal kabuğu özütü (12), elma posası ve mısır unu karışımı (13), buğday kepeği (14), bal kabağı küspesi (pumpkin oil cake) (15) ve diğer tarımsal atıkların karbon kaynağı olarak kullanıldığı görülmektedir. Li ve ark. (16) karbon kaynağı olarak şeker pancarı posasının katı kültür fermantasyonu yoluyla *Bacillus gibsonii* S-2 ile alkali pektinaz üretmişlerdir. Maksimum poligalakturonaz aktivitesi 35 °C ve 48 saat inkübasyon sonucunda 3600 U/g kuru şeker pancarı posası olarak belirtilmiştir. Joshi ve ark. (17) elma posası kullanarak *A. niger*’den pektin metil esteraz enzimini katı ve derin kültür ortamlarında üretmişlerdir. Enzim aktivitesi, pH 4.0 ve 25 °C’de 96 saat sonunda katı kültür fermantasyonunda derin kültür fermantasyonuna göre 2.3 kat yüksek bulunmuştur. Palaniyappan ve ark. (18) buğday ve mısır unu gibi farklı doğal hammaddeler ile sentetik pektinin pektinaz enzimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Mısır unu, buğday unu ve pektinin enzim aktivitesi üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek pektinaz aktivitesi (6.1 U/mL) buğday unu kullanılarak *A. niger* (MTCC:281)’den derin kültür fermantasyonu ile elde edilmiştir.

Sharma ve Satyanarayana (19), turunc kabuğu, nar kabuğu, turunc kabuğu tozu, ananas posası, çay yaprağı, ayçiçek, ayçiçek sapı, susam yağlı tohum pres atığı, ve buğday kepeği gibi çeşitli tarımsal atıkların pektinaz enzimi üretimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Test edilen farklı tarımsal atıklardan en yüksek pektinaz aktivitesinin (210.22 U/g kuru bakteriyel kepek, KBK) susam tohumu pres atığı kullanılarak elde edildiği belirtilmiştir.

Bu çalışmalar lignoselülozik atıkların, ucuz ve bol bulunması ve zengin içeriği ile pektinazlar için oldukça elverişli olduklarını göstermektedir. Bunun yanısıra mikrobiyal gelişimi ve enzim sentezini en üst düzeyde sağlamak amacıyla enzim üretimini etkileyen önemli faktörlerin optimize edilmesi gerekmektedir. Fermantasyon optimizasyonunun diğer amacı, büyük ölçekli sistemlerin düşük maliyet ve yüksek verimde çalışmasını sağlamaktır.

KATI VE DERİN KÜLTÜR FERMANTASYONU İLE ÜRETİLEN PEKTİNAZ ENZİM ÇALIŞMALARI

Pektinolitik enzimler bitki, bakteri, küf veya mayalardan üretilmektedir (20). Bitkisel pektinazların temel kaynağı domates ve portakaldır (21). Mikrobiyal pektinaz enzimi üretiminde *Erwinia*, *Bacillus*, *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Rhizopus* en sık kullanılan mikroorganizmalardır (21).

Literatürde hem derin kültür fermantasyonu hem de çeşitli tarımsal sanayi atıklar kullanarak katı kültür fermantasyonu ile pektinaz enzim üretimi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır, bu çalışmaların bazıları enzim aktiviteleriyle birlikte Çizelge 2’de verilmiştir.

Bacillus sp. MG-cp-2 kullanılarak yapılan bir çalışmada buğday kepeği gibi ucuz tarımsal atıklar kullanılarak katı kültür fermantasyonunda alkali pektinazlardan poligalakturonaz üretiminin yüksek

Çizelge 2. Literatürde yer alan bazı pektinolitik enzim üretim çalışmaları ve fermantasyon koşulları (KKF: Katı Kültür Fermantasyonu, DKF: Derin Kültür Fermantasyonu)

Mikroorganizma	Karbon kaynağı (substrat)	Fermantasyon koşulları (tipi/ süre/sıcaklık)	Enzim tipi ve aktivitesi	Kaynak
<i>Sporotrichum thermophile</i>	Buğday kepeği:limon posası (1:1-10 g)	KKF/45 °C/4 gün/6*10 ⁸ spor	PG (500 U/g kuru kepek)	(22)
<i>A.niger DMF 27&45</i>	Çekirdeksiz ayçiçeği başı (8g/100 mL)	DKF/30 °C/72 sa/10 ⁵ spor/ mL;/200 rpm/pH 5 KKF/30 °C/96 sa/10 ⁷ spor/ mL;/%65 nem	DMF 27 Endo-pektinaz (12.6 U/mL) DMF 45 Ekzo-pektinaz (34.2 U/g)	(23)
<i>Bacillus sp. MFW7</i>	Laktöz ve manyok (cassava) atığı	DKF/35 °C/96 sa/pH 6.5	PG (1.8 U/mL)	(24)
<i>Bacillus sp. SMIA-2</i>	Elma pektini ve mısır şırası şurubu	DKF/50 oC/36 sa/pH 10.0	PG (39 U/mL)	(25)
<i>Bacillus sphaericus</i>	Turunçgil pektini	DKF/30 °C/72 sa/ pH 6.8	PG (6.2 U/mL)	(26)
<i>A. sojae ATCC 20235</i>	Portakal kabuğu	KKF/30 °C/6 gün/2.8 10 ³ spore/mL	PG (93.48 U/mL)	(27)
<i>Bacillus subtilis</i>	Fındık kabuğu hidrolizatı	DKF/30 °C/72 sa/130 rpm/pH 7	PG (5.60 U/mL)	(28)
<i>A.sojae ATCC 20235</i>	Buğday kepeği	KKF/37 °C/4 gün/10 ⁷ spor/g hammadde	PG (144.91U/mL)	(29)

verimlilikle elde edildiği belirtilmiştir (30). Sharma ve Satyanarayana (31) yaptıkları çalışmada, sentetik ortam kullanarak çalkalamalı fermantasyon ile *Bacillus pumilus* dcsr1'den alkali ve ısıya dayanıklı pektinaz üretimini gerçekleştirmiş ve enzim üretimini arttırmak amacıyla kritik değişkenleri yanıt yüzey metodu kullanarak optimize etmişlerdir. Ayrıca, Sharma ve Satyanarayana (31) besinlerin düzgün dağılımını sağlaması nedeniyle enzim üretiminin fermentörde uygulanması halinde, pektinaz üretiminin 41 kat arttığını belirtmişlerdir. Li ve ark. (16), *B. gibsonii* S-2'nin alkali ortamlarda (pH 12) gelişebilme özelliği gösterdiğini, şeker kamışı posasının karbon kaynağı ve pektinaz uyarıcı olarak *B. gibsonii* S-2 tarafından pektinaz üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Buna ilaveten yapılan diğer bir çalışmada, *Bacillus sp.* suşları ile üretilen poligalakturonaz aktivitesinin *Aspergillus niger* (32), *Aspergillus sp.* CH-Y 1043 ve *A. niger* ATCC 20107 (33), *Aureobasidium pullulans* (34) ve *Tubercularia vulgaris* (35) ile üretilenden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Uzuner ve Çekmecelioğlu (28) çalkalamalı inkübatörde erlenmayerler ile yapılan çalışmada, karbon kaynağı olarak fındık kabuğu hidrolizatı kullanmış ve *B. subtilis*-pektinaz enzimi üretim koşullarını irdemişlerdir (Çizelge 2). Bu çalışmada kullanılan fındık kabuğu hidrolizatı, 130 °C'de % 3.42 seyreltik sülfürik asit ile 31.7 dakika boyunca otoklavda ön-işleme tabi tutulduktan sonra Viscozyme L (200U/g) enzimi ile 24 saat boyunca

hidroliz edilmesi sonucu elde edilmiştir (28). Bu çalışmalar, atıkların enzim üretiminde daha uzun yıllar boyu kullanılacağı gerçeğini vurgulamaktadır. Ayrıca, fındık kabuğu hidrolizatının pektinaz üretiminde kullanılması fındık kabuğunun benzer enzimlerin üretiminde yaygınlaşmasını ve katma değerinin artmasını sağlayacaktır.

PEKTİNİZ ENZİMİNİN UYGULAMA ALANLARI

Pektinazlar meyve suyu, kâğıt ve tekstil endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pektinazlar, meyve sularının ve şarabın ekstraksiyonu ve durultulmasında (36, 37), gıda işleme endüstrilerinden kaynaklanan atıksuların arıtımında, tekstil ve bitkisel liflerin işlenmesinde (19), çay ve kahve fermantasyonu (38, 39) ve yağ ekstraksiyonu (40) gibi çeşitli endüstriyel proseslerde kullanılmaktadır. Pektinazların en kapsamlı endüstriyel uygulama alanı ise meyve suyu ekstraksiyonu ve berraklaştırılmasıdır. Pektinaz enziminin gıda sanayindeki uygulama alanları önem ve geniş kapsamı nedeniyle sonraki bölümde ayrıca verilmiştir.

GIDA SANAYİNDE PEKTİNİZ ENZİMİNİN UYGULAMA ALANLARI

Son yıllarda, meyve-sebze suyu tüketiminde bir artış gözlemlenmektedir. Bununla birlikte ham meyve suyu, depolama boyunca bulanık ve viskozdur (41). Meyve ve sebzeler, meyve sularının

berraklaştırılması, filtrasyonu ve ekstraksiyonu sırasında bulanıklık ve viskozite artışı gibi sorunlara neden olan pektin ve diğer polisakkaritleri içermektedir (42). Pektin parçalayan enzimler (pektinazlar) gıda endüstrisinde özellikle meyve sularını presleme sırasında dokuları yumuşatarak meyve suyu veriminin artmasında (43), meyve suyu üretiminde filtrasyonu kolaylaştırıp verimin artırılmasında, C vitamini sentezi için çıkış maddesi olan galakturonik asit eldesinde, şarap endüstrisinde, yağların ekstraksiyonunda, pigmentlerin ve selüloz liflerin hazırlanmasında, kahve ve çay fermantasyonunda fonksiyonel gıda maddeleri olarak oligosakkaritlerin üretiminde kullanılmaktadır (38). Bunlara ek olarak, berraklaştırma amacıyla kullanılan pektinolitik enzimler, yoğunlaştırılmış meyve sularının rafta jelleşmesini önlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Ayrıca, kahve çekirdeği etrafındaki 3/4'ü pektinden oluşan müsülaj kılıfın uzaklaştırılmasında da kullanılmaktadır ve bu sayede fermantasyon süresinin azalmasına yardımcı olmaktadır (38).

Literatürde meyve sularının berraklaştırılmasında kullanılan küf orijinli ticari pektinazlarla ilgili çok fazla çalışma bulunmakla birlikte bakteri orijinli pektinazlarla ilgili olarak çok az sayıda araştırma bulunmaktadır (Çizelge 3). Mantovani ve ark. (48) elma, üzüm ve çarkifelek (*passion*) meyve sularının berraklaştırılmasında dört farklı küf suşundan elde edilen ham pektin liyaz enzimini kullanmışlardır. En iyi sonuçların, elma suyunun *A. niger* CF4 ham enzimi ile 40 dakika berraklaştırılması ile elde edildiğini belirtmişlerdir (%92). Kareem ve Adebowale (49) narenciye kabuğu üzerinde gelişen küf orijinli (*Rhizopus oryzae*) pektinaz üretmişler ve vizkozite, bulanıklık ve enzim veriminin performansını değerlendirmişlerdir. Nadaroğlu ve ark. (50)'nin yaptığı çalışmada *Bacillus pumilus* (P9)'dan saflaştırılan pektin liyazın meyve suyu üretiminde kullanılabileceği belirtilmiş ve bu araştırmanın

pektin liyaz üretimi üzerine ilk çalışma olduğu da ilave edilmiştir.

Swain ve Ray (51), havuç suyunun ekstraksiyonunda *B. subtilis* CM5 suşunun piyasadaki standart pektinaz enziminden (Pektinex, Novozyme) (%13.3 daha fazla verim) daha çok ısıya dayanıklı ekzo-poligalakturonaz ürettiğini rapor etmişlerdir. Joshi ve ark. (52)'na göre, elma posasının katı kültür fermantasyonu ile *Aspergillus niger*'den üretilen pektin metil esteraz enzimi elma ve armut suyunun verimini arttırmıştır. Kumar ve Sharma (53) buğday, mısır ve pirinç kepeği, pirinç samanı ve narenciye (*kinnow*) kabuğu gibi çeşitli karbon kaynaklarının *A. niger* NCIM 548 ile katı ve derin kültür fermantasyonuyla ürettikleri pektinaz ve selüloz enzimlerini ananas suyundan gam uzaklaştırılması (*degumming*) işleminde kullanmışlardır. Ananas suyunun berraklığı ham enzim kullanılmasıyla %65.1 ile 81.6 aralığında değişirken, ticari pektinaz uygulamasıyla %86 olarak elde edildiği belirtilmiştir (53). Bir başka çalışmada ise, *Aspergillus awamori* MTCC 9166 kullanılarak üretilen poligalakturonaz enziminin derişimi, uygulama süre ve sıcaklığının mango suyunun berraklaştırılması üzerindeki etkisi incelenmiştir (54). Bu çalışmada, 1.5 U/mL enzim derişimi ve 40 °C'de 30 dakika boyunca uygulanan enzimatik işlem sonucunda meyve suyunun vizkozitesinde %60'luk bir azalma gözleendiği belirtilmiştir (54). Uzuner ve Cekmecelioglu (47) fındık kabuğu hidrolizatının derin kültür fermantasyonu ile *B. subtilis*'den üretilen pektinazın pH, derişimi ve uygulama süresinin havuç suyunun berraklaştırılması üzerine etkisini yüzey yanıt metodu kullanarak incelemiştir (47). Havuç suyunun berraklaştırılması için elde edilen optimum koşulların % 0.5 enzim derişimi, pH 7.0, ve 6 saat süre olduğu belirtilmiştir. Ticari Pektinex 3XL (%78) ile karşılaştırıldığında *B. subtilis*'ten üretilen pektinazın havuç suyunu pH 7.0 ve sözü edilen koşullarda daha iyi berraklaştırdığı

Çizelge 3. Ticari ve laboratuvar koşullarında üretilen pektinazların çeşitli meyve ve sebze sularında uygulamaları

Mikroorganizma	Endüstriyel uygulama alanları	Optimum Koşullar	Berraklaştırma verimi (%)	Kaynak
<i>Pectinase</i> * (<i>A. niger</i>)	Mosambi suyu	42 °C, %0.004 enzim, 99 dakika	84	(44)
<i>Pektinex 3XL</i> *	Sapodilla suyu	40 °C, %0.1 enzim, 2 saat	-	(45)
<i>Aspergillus aculeatus</i> *	Yeşil kuşkonmaz suyu	41 °C, %1.5 enzim, pH 4.4	-	(46)
<i>B. subtilis</i> **	Havuç suyu	50 °C, %0.5 enzim, pH 7.0 & 6 saat	100	(47)

*Ticari enzim

**Laboratuvar koşullarında üretilen enzim

bulunmuştur (%100). Bu çalışma, meyve-sebze sularının berraklaştırılmasında ham enzim kullanımının etkili olduğunu ve böylece işlem maliyetini düşürmede ham enzim kullanılabilirliğini göstermektedir.

SONUÇ

Tarımsal ve gıda-endüstri atıkları mikrobiyel pektinolitik enzim üretimi için değerli ham maddelerdir. Atık maddelerin enzim üretiminde kullanımı çevresel bir tehdit olan bu yan ürünlerin birikmesini önleyecektir. Yerel olarak mevcut tarımsal atıkların (fındık kabuğu gibi) enzim üretiminde kullanımı, sadece bu atıklara değer kazandırmakla kalmayacak aynı zamanda çevrenin temiz kalmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, ülkemizde gelişen ekonomi ve teknoloji ile birlikte kullanılan enzim miktarlarında bir artış söz konusudur. Ancak çoğu enzimler dışalım yoluyla karşılanmaktadır. Enzim maliyetlerinin düşürülmesi için kullanılacak tarımsal atıklar ile üretilen pektinaz enzimi ile meyve-sebze suyu ve şarap endüstrilerine ve dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlaması ve dışa bağımlılığın azalması öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kıran ÖE, Çömlekçioğlu U, Dostbil N. 2006. Bazı mikrobiyal enzimler ve endüstrideki kullanım alanları. *KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1): 12-19.
2. Polaina J (ed), MacCabe AP (ed). 2007. *Industrial Enzymes, Structure, Function and Applications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 633 p.
3. Alkorta I, Garbisu C, Liama MJ, Serra JL. 1998. Industrial applications of pectin enzymes: A review. *Process Biochem*, 33(1): 21-28.
4. Jayani RS, Saxena S, Gupta R. 2005. Microbial pectinolytic enzymes: A review. *Process Biochem*, 40: 2931-2944.
5. Saha BC. 2003. Hemicelluloses bioconversion. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 30: 279-291.
6. Arslan Y. 2007. Fındık kabuğunun etil alkol üretiminde kullanılabilirliği. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 341 s.

7. Uçan F, Akyıldız A. 2012. Meyve suyu sanayiinde enzimatik uygulamalar. *GIDA*, 37 (6): 363-370.
8. Sanchez S, Demain AL. 2002. Metabolic regulation of fermentation processes. *Enzym Microb Technol*, 31: 895-906.
9. Perlack RD, Wright RL, Turhollow AF, Graham RL, Stokes BJ, Erbach DC. 2005. Biomass As Feedstock For A Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of A Billion-ton Annual Supply, USDA, Tennessee, USA. http://www.feedstockreview.ornl.gov/pdf/billion_ton_vision.pdf (Erişim tarihi 01.04.2005).
10. TÜİK. 2012. Belediye Atık İstatistikleri, Sayı 16170. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16170> (Erişim tarihi 20.02.2014).
11. Joshi M, Nerurkar M, Adıvarekar R. 2013. Use of citrus limetta peels for pectinase production by marine *Bacillus subtilis*. *Innovat Rom Food Biotechnol*, 12: 75-83.
12. Rangarajan V, Rajasekharan M, Ravichandran R, Sriganesh K, Vaitheeswaran V. 2010. Pectinase production from orange peel extract and dried orange peel solid as substrates using *Aspergillus niger*. *Int J Biotech Biochem*, 6: 445-453.
13. Mojsov K. 2010. Experimental investigations of submerged fermentation and synthesis of pectinolytic enzymes by *Aspergillus niger*: Effect of inoculum size and age of spores. *Appl Technol Innov*, 2(2): 40-46.
14. Ahlawat S, Dhiman SS, Battan B, Mandhan RP, Sharma J. 2009. Pectinase production by *Bacillus subtilis* and its potential application in biopreparation of cotton and micropoly fabric. *Process Biochem*, 44: 521-526.
15. Pericin DM, Madarev SZ, Radulovic LM, Skrinjar M. 2007. Production of exo-pectinase by *Penicillium roqueorti* using pumpkin oil cake. *Proc Nat Sci*, 113: 313-320.
16. Li Z, Bai Z, Zhang B, Xie H, Hu O, Hao C, Xue W, Zhang H. 2005. Newly isolated *Bacillus gibsonii* S-2 capable of using sugar beet pulp for alkaline pectinase production. *World J Microbiol Biotechnol*, 21: 1483-1486.
17. Joshi VK, Parmar M, Rana NS. 2006. Pectin esterase production from apple pomace in solid-state and submerged fermentations. *Food Technol Biotechnol*, 44(2): 253-256.

18. Palaniyappan M, Vijayagopal V, Viswanathan R, Viruthagiri T. 2009. Screening of natural substrates and optimization of operating variables on the production of pectinase by submerged fermentation using *Aspergillus niger* MTCC 281. *Afr Biotechnol*, 8 (4): 682-686.
19. Sharma DC, Satyanarayana T. 2012. Biotechnological potential of agro residues for economical production of thermoalkali-stable pectinase by *Bacillus pumilus* dcsr1 by solid-state fermentation and its efficacy in the treatment of ramie fibres. *Enzym Res*, doi: 10.1155/2012/281384.
20. Khairnar Y, Krishna V, Boraste A, Gupta N, Trivedi S, Patil P, Gupta G, Gupta M, Jhadav A, Mujapara A, Joshi B, Mishra D. 2009. Study of pectinase production in submerged fermentation using different strains of *Aspergillus niger*. *Int J Microbiol Res*, 1(2): 13-17.
21. Favela-Torres E, Volke-Sepulveda T, Viniegra-Gonzales G. 2006. Production of hydrolytic depolymerizing pectinases. *Biotechnol*, 44(2): 221-227.
22. Kaur G, Satyanarayana T. 2004. Production of extracellular pectinolytic, cellulolytic, xylanolytic enzyme by thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* Apinis in solid state fermentation. *Ind J Biotechnol*, 3: 552-557.
23. Patil SR, Dayanand A. 2006. Optimization of process for the production of fungal pectinases from deseeded sunflower head in submerged and solid-state conditions. *Bioresour Technol*, 97: 2340-2344.
24. Mukesh Kumar DJ, Saranya GM, Suresh K, Andal Priyadharshini D, Rajakumar R, Kalaichelvan PT. 2012. Production and optimization of pectinase from *Bacillus* sp. MFW7 using Cassava Waste. *Asian J Plant Sci Res*, 2 (3): 369-375.
25. Andrade MVV, Delatorre AB, Ladeira SA, Martins MLL. 2011. Production and partial characterization of alkaline polygalacturonase secreted by thermophilic *Bacillus* sp. SMIA-2 under submerged culture using pectin and corn steep liquor. *Cienc Technol Aliment Campinas*, 31(1): 204-208.
26. Jayani RS, Shukla SK, Gupta R. 2010. Screening of bacterial strains for polygalacturonase activity: Its production by *Bacillus sphaericus* (MTCC 7542). *Enzym Res*, doi: 10.4061/2010/306785.
27. Gogus N, Taze BH, Demir H, Tari C, Unluturk S, Lahore MF. 2014. Evaluation of orange peel, an industrial waste, for the production of *Aspergillus sojae* polygalacturonase considering both morphology and rheology effects. *Turkish J Biol*, 38: 537-548.
28. Uzuner S, Cekmecelioglu D. 2015. Enhanced pectinase production by optimizing fermentation conditions of *Bacillus subtilis* growing on hazelnut shell hydrolyzate. *J Mol Catal B: Enzym*, 113: 62-67.
29. Demir H, Tari C. 2016. Bioconversion of wheat bran for polygalacturonase production by *Aspergillus sojae* in tray type solid-state fermentation. *Int Biodeter Biodegr*, 106: 60-66.
30. Kapoor M, Beg QK, Brushan B, Dadhich KS, Hoondal GS. 2000. Production and partial purification and characterization of a thermo-alkali stable polygalacturonase from *Bacillus* sp. MG-cp-2. *Process Biochem*, 36: 467-473.
31. Sharma DC, Satyanarayana T. 2006. A marked enhancement in the production of a highly alkaline and thermostable pectinase by *Bacillus pumilus* dcsr 1 in submerged fermentation by using statistical methods. *Bioresour Technol*, 97: 727-733.
32. Pereira SS, Torres EF, Gonzalez GV, Rojas MG. 1993. Effect of different carbon sources on the synthesis of pectinase by *Aspergillus niger* in submerged and solid fermentations. *Appl Microbiol Biotechnol*, 39: 36-41.
33. Larios G, Garcia JM, Huiton C. 1989. Endopolygalacturonase production from untreated lemon peel by *Aspergillus* sp CH-Y-1043. *Biotechnol Lett*, 11: 729-734.
34. Federici F, Petruccioli M. 1985. Growth and polygalacturonase production by *Aureobasidium pullulans* on orange peel waste. *Microb Alim Nutri*, 3: 39-46.
35. Fonseca MJV, Said S. 1995. The pectinase produced by *Tubercularia vulgaris* in submerged culture using pectin or orange-pulp pellets as inductor. *Appl Microbiol Biotechnol*, 42: 32-35.
36. Lee WC, Yusof S, Hamid NSA, Baharin BS. 2006. Optimizing conditions for enzymatic clarification of banana juice using response surface methodology (RSM). *J Food Eng*, 73: 55-63.
37. Sandri IG, Fontana RC, Barfknecht DM, Da Silveira MM. 2011. Clarification of fruit juices by fungal pectinases. *LWT-Food Sci Technol*, 44: 2217-2222.

38. Carr JG. 1985. Tea, coffee and cocoa, In: B.J.B. Wood (Editor), *Microbiology of fermented foods* (vol.2), London: Elsevier Science Ltd.
39. Murthy PS, Naidu MM. 2011. Improvement of robusta coffee fermentation with microbial enzymes. *Eur J Appl Sci*, 3: 130-139.
40. Najafian L, Ghodsvali A, Khodaparast MHH, Diosady LL. 2009. Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes. *Food Res Int*, 42: 171-175.
41. Nagar S, Mittal A, Gupta VK. 2012. Enzymatic clarification of fruit juices (apple, pineapple, and tomato) using purified *Bacillus pumilus* SV-85S xylanase. *Biotechnol Bioprocess Eng*, 17: 1165-1175.
42. Gonzales MF, Ubeda JF, Vasudevan TG, Cordero Otero RR, Briones AI. 2004. Evaluation of polygalacturonase activity in *Saccharomyces cerevisia* wine starins. *FEMS Microbiol Lett*, 237: 261-266.
43. Koffi EK, Sims CA, Bates RP. 1991. Viscosity reduction and prevention of browning in the preparation of clarified banana juice. *J Food Quality*, 14: 209-218.
44. Rai P, Majumdar GC, Dasgupta S, De S. 2004. Optimizing pectinase usage in pretreatment of mosambi juice for clarification by response surface methodology. *J Food Eng*, 64: 397-403.
45. Sin HN, Yusof S, Hamid NSA, Rahman RA. 2006. Optimization of enzymatic clarification of sapodilla juice using response surface methodology. *J Food Eng*, 73: 313-319.
46. Chen X, Xu F, Qin W, Ma L, Zheng Y. 2012. Optimization of enzymatic clarification of green asparagus juice using response surface methodology. *J Food Sci*, 77(6): 665-670.
47. Uzuner S, Cekmecelioglu D. 2015. Optimizing clarification of carrot juice by bacterial crude pectinase. *Int J Food Sci Technol*, 50: 2707-2712.
48. Mantovani CF, Geimba MP, Brandelli A. 2005. Enzymatic clarification of fruit juices by fungal pectin lyase. *Food Biotechnol*, 19(3): 173-181.
49. Kareem SO, Adebowale AA. 2007. Clarification of orange juice by crude fungal pectinase from citrus peel. *Nigerian Food J*, 25(1): 130-137.
50. Nadaroğlu H, Taşkın E, Adıgüzel A, Güllüce M, Demir N. 2010. Production of a novel pectin lyase from *Bacillus pumilus* (P9), purification and characterization and fruit juice application. *Rom Biotech Lett*, 15(2): 5167-5176.
51. Swain MR, Ray RC. 2010. Production, characterization and application of a thermostable exo-polygalacturonase by *Bacillus subtilis* CM5. *Food Biotechnol*, 24: 37-50.
52. Joshi VK, Parmar M, Rana N. 2011. Purification and characterization of pectinase produced from apple pomace and evaluation of its efficacy in fruit juice extraction and clarification. *Indian J Nat Prod Resour*, 2(2): 189-197.
53. Kumar S, Sharma HK. 2015. Enzymatic degumming of pineapple (*Ananas comosus*) mill juice using crude and commercial enzymes. *Food Measure*, 9: 414-425.
54. Anuradha K, Naga Padma P, Venkateshwar S, Reddy G. 2016. Mango juice clarification with polygalacturonase produced by *Aspergillus awamori* MTCC 9166-optimization of conditions. *Int Food Res J*, 23(1): 147-151.

ET KAYNAKLI BİYOAKTİF PEPTİTLER VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Azim Şimşek^{1*}, Birol Kılıç²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş tarihi / *Received*: 08.01.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 13.03.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 19.03.2016

Özet

Et kreatin, taurin, konjuge linoleik asit (KLA) ve peptitler gibi pek çok biyoaktif bileşeni içermektedir. Peptitler son yıllarda üzerine fazla sayıda çalışma yapılan biyoaktif bileşenlerdendir. Biyoaktif özellik gösteren peptitler 2-30 arasında aminoasit içeren kısa zincirli ve düşük molekül ağırlıklı bir yapıya sahiptir. Biyoaktif peptitler, antimikrobiyel, antitrombotik, hipokolesterolemik, antioksidan, opioid ve bağışıklık sistemini düzenleyici etkilerinden dolayı canlı vücudunda çok önemli roller üstlenmektedir. Biyoaktif peptitler, süt ve süt ürünleri, tahıllar, yumurta, et ve et ürünleri ve su ürünlerinden hidrolizasyon veya fermantasyon yolu ile elde edilmektedir. Bu çalışma ile et kaynaklı biyoaktif peptitler hakkında bilgi verilmiş, fonksiyonel özelliklerine yönelik yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyoaktif peptit, et, fonksiyonel özellikler

MEAT-DERIVED BIOACTIVE PEPTIDES AND THEIR FUNCTIONAL PROPERTIES

Abstract

Meat contains many bioactive compounds such as creatine, taurine, conjugated linoleic acid (CLA), and peptides. Peptides are one of bioactive compounds that have been studied intensively in recent years. Peptides showing bioactive properties have short-chain structure containing 2-30 amino acids and a low molecular weight. Bioactive peptides play important roles in living body systems due to their antimicrobial, antithrombotic, hypocholesterolemic, antioxidant, opioid and immune system regulatory effects. Bioactive peptides are obtained by hydrolysis or fermentation of dairy products, meat and meat products, eggs, cereal products, and seafoods. This review reports information about bioactive peptides derived from meat and studies about functional properties of these bioactive peptides.

Keywords: Bioactive peptide, meat, functional properties

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ azimsimsek@sdu.edu.tr,

☎ (+90) 246 311 6661,

☎ (+90) 246 311 6394

GİRİŞ

Et değerli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra bitkisel kaynaklı gıdalarda bulunmayan veya zayıf biyolojik yararlılığa sahip olan folik asit, B₆ ve B₁₂ vitamini ile selenyum ve demir gibi önemli mikro besin elementlerini de içermektedir (1-3). Ayrıca, sağlık üzerine faydalı etkileri tespit edilmiş olan kreatin, koenzim Q10, taurin, glutatyon, L-karnitin, anserin, karnosin, KLA ve peptitleri içeren çok sayıda biyoaktif bileşeninde et yapısında bulunduğu belirlenmiştir (1, 3, 4).

Et proteinleri besleyici ve fonksiyonel olarak yüksek biyolojik aktivite gösteren bileşenlerdir (5, 6). Et proteinlerinin hidrolize olması sonucu biyolojik aktivite gösteren peptitler açığa çıkmakta, etlerin post mortem olgunlaşması ve depolanması esnasında miktarları kademeli olarak artmaktadır (1, 2, 7-10). Biyoaktif özellik gösteren peptitler yaklaşık olarak 2-30 arasında aminoasit içeren kısa zincirli ve düşük molekül ağırlıklı bir yapıya sahiptirler (2, 5, 9, 11, 12). Protein yapısı içerisinde inaktif halde bulunan biyoaktif peptitler, sindirim sisteminde bulunan enzimler (tripsin, kimotripsin veya pepsin vb.) vasıtasıyla veya fermente et ürünlerinin üretimi esnasında proteolitik özellikteki starter kültürler ile veya ticari enzimlerin kullanımı sonucunda oluşan hidroliz yoluyla açığa çıkmakta ve hormon benzeri aktivite göstererek organizmada düzenleyici rol oynamaktadırlar (2, 5, 9, 13, 14). Biyoaktif peptitler, antimikrobiyel özelliği (14-16), kan basıncını düşürücü etkisi (8, 17), kolesterolü düşürebilme yeteneği (10), antitrombotik ve antioksidan aktiviteleri (14, 16, 18, 19), mineral emilimi ve biyoyararlılığını geliştirmesi (20), bağışıklık sistemini düzenleyici etkisi (21) ve sinir sistemi üzerindeki (opioid aktivitesi) olumlu etkilerinden dolayı canlı vücudunda çok önemli roller üstlenmektedirler (2, 9, 11). Biyoaktif peptitlerin aktiviteleri aminoasit kompozisyonuna, amino (N-) ve karboksil (C-) ucundaki aminoasit tipine, peptit zincir uzunluğuna ve molekül ağırlığına, aminoasitlerin yük karakterlerine, hidrofobik ve hidrofilik özelliklerine bağlıdır (3, 22). Biyoaktif peptitler, süt ve süt ürünleri, yumurta, soya fasulyesi, buğday, sığır kanı, jelatin, et ve balık gibi hayvansal ve bitkisel materyallerden hidrolizasyon veya fermantasyon yolu ile elde edilmektedirler (2, 5, 11, 13). Et proteinlerinden biyoaktif peptitlerin elde edilmesi ve kullanımı üzerine çalışmaların yaygınlaşmasıyla birlikte yeni fonksiyonel et ürünlerinin ve gıda katkı maddelerinin geliştirilmesi için bu tür bileşenlerin kullanım olasılığı artmaktadır. Yukarıda bahsedilen özelliklerden dolayı et ve et ürünleri önemli bir biyoaktif peptit kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada et kaynaklı biyoaktif peptitler, fonksiyonel özellikleri ve konu ile ilgili yapılan çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur.

ET PROTEİNLERİNDEN BİYOAKTİF ÖZELLİKTEKİ PEPTİTLERİN ÜRETİMİ

Proteinlerin çoğu biyoaktif zincirler içermesine rağmen, protein yapıları içerisinde inaktif formda bulunmaktadırlar. Peptit zincirleri sindirim, etlerin olgunlaşması, fermantasyon, bitkisel ve mikrobiyel enzim uygulamaları yoluyla proteinlerden ayrılmakta ve serbest forma geçen peptitler düzenleyici bileşenler olarak hareket etmektedirler (3, 5, 10, 13).

Gıda kaynaklı proteinlerden sindirim sisteminde yer alan pepsin, tripsin, kimotripsin, alkalaz, pankreatin, elastaz ve karboksipeptidaz gibi çeşitli enzimlerin etkisi neticesinde proteoliz yoluyla biyoaktif özellikteki peptitler meydana gelmektedir (10, 13). Biyoaktif peptitler gıdalarla alındıklarında veya bağırsak sisteminde üretimi gerçekleştirildikten sonra bağırsakta hedef bölgeler ile interaksiyona girmekte ve bunu takiben absorbe edilerek periferik organlara ulaşmaktadırlar (3). Biyoaktif peptitlerin insan bağırsak sisteminde oluşum mekanizmasına ait net bilgiler olmamasına rağmen, gastrointestinal sindirim prosesleri taklit edilerek yapılan çok sayıdaki *in vitro* çalışmalar ile bu oluşum kanıtlanmaya çalışılmaktadır (2, 13, 23, 24). Paolella ve ark. (25) kuru kürlenmiş jambonların *in vitro* gastrointestinal sindirimi neticesinde serbest kalan peptitleri tanımlamışlardır. Escudero ve ark. (23) domuz etinin *in vitro* sindiriminde üç farklı peptit zincirini tanımladıklarını rapor etmişlerdir. Saiga ve ark. (26) *Aspergillus* ve gastrik proteaz kullanarak tavuk göğüs etinden Anjiotensin I-dönüştürücü enzimini (ACE) inhibe edici peptitleri izole ettiklerini belirtmişlerdir.

Eterde peptitlerin miktarı post mortem olgunlaşma ve depolanma süresince artış göstermektedir. Eterin depolanması ve olgunlaşması boyunca et proteinleri, kalpain ve katepsin gibi endojen kas proteazları tarafından hidrolize edilmektedir. Sığır etlerinin 4°C'de bekletilmesi esnasında ACE inhibitör aktivitesinin artış gösterdiği bildirilmektedir (1).

Fermente et ürünlerinde fermantasyon işlemi boyunca meydana gelen proteolitik reaksiyonlar yapılan çalışmalarda yaygın olarak incelenmiştir (27, 28). Fermantasyon süreci sırasında öncelikle et proteinleri, endojen enzimler tarafından daha az sayıda aminoasit içeren peptit zincirlerine yıkılmaktadırlar. Fermente et ürünlerinde kullanılan Laktobasiller gibi starter kültürlerin çoğunluğu zayıf proteolitik aktivite gösterdikleri için proteinlerin degradasyonunda etkin rol oynamamaktadırlar (1). Bununla birlikte laktik asit bakterileri pH düşüşüne neden olarak kas proteazlarının aktivitesini arttırmakta bu da protein degradasyonunu etkilemektedir. Ayrıca deneysel olarak laktik asit bakterileri kullanılarak domuz iskelet kas proteinlerinden üretilen peptitlerin ACE inhibitör ve antihipertansif aktivitelerinin olduğu belirtilmektedir (29).

Et proteinleri içerisinde bulunan biyoaktif peptitlerin serbest bırakılması amacıyla ticari proteazların kullanımı etkili bir yol olarak görülmektedir (2, 9, 10, 13). Çoğu biyoaktif özelliğe sahip peptitler bu yolla deneysel olarak üretilmektedir. Proteinlerin sindirimi için mikrobiyel, bitkisel ve hayvansal farklı kaynaklardan elde edilen tripsin, subtilisin, kimotripsin, termolizin, pepsin, proteinaz K, papain alkalaz, pronaz, papain, karboksipeptidaz A, pankreatin ve ticari enzim preparatları olan alkalaz ve nötraz gibi proteazlar kullanılmaktadır (2, 14). Et ve et ürünleri sektöründe papain, bromelin ve fisin gibi bitkisel kaynaklı proteolitik enzimler etlerin gevrekleştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Enzimatik gevrekleştirmeye maruz kalmış olan et ve et ürünlerinde biyoaktivite kazanmış olan peptitler elde edilebilmektedir (1). Sun ve ark. (30) tavuk göğüs etinden enzimatik (Papain) yollarla elde edilen protein hidrolizatlarının *in vitro* ve *in vivo* koşullarda antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Wang ve ark. (31) protamex kullandıkları çalışmalarında ördek etinden antioksidatif peptitlerin saflaştırılmasını ve karakterizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Wu ve ark. (32) *Bacillus spp.*'den elde edilen proteaz SM98011 enzimini kullanarak köpek balığı etinden ACE önleyici peptitlerin saflaştırılması ve tanımlanmasını gerçekleştirmişlerdir. Diğer bir çalışmada da benzer şekilde ticari enzim preparatları (Alcalase® ve Novozymes®) kullanılarak enzimatik hidroliz yolu ile antioksidatif peptitlerin saflaştırılması ve tanımlanması gerçekleştirilmiştir (33).

BIYOAKTİF PEPTİTLERİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

ACE inhibitör ve antihipertansif peptitler

Miyokard enfarktüsü, konjestif kalp yetmezliği, ateroskleroz, felç ve böbrek hastalığı için önemli bağımsız bir risk faktörü olan yüksek kan basıncı dünya genelinde giderek artmaktadır. ACE, canlı organizmada kan basıncının düzenlenmesinde kritik fizyolojik rol oynayan önemli bir enzimdir (2, 5, 9, 34).

ACE, aktivasyonu için çinko ve klorür'e ihtiyacı olan ve çeşitli peptit substratlarının C- uçlarından dipeptitleri açığa çıkartan bir ekzopeptidazdır (35). Canlı sistemlerinde damarların genişlemesini sağlayan bradikinin'i inaktif hale getirerek anjiotensin I'i damarların daralmasına neden olan anjiotensin II'ye dönüştürmekte ve kan basıncının artmasına neden olmaktadır (5, 10, 19, 36). ACE inhibitörleri, ACE'ye yarışmalı olarak bağlanarak enzimin etkisini bloke etmekte ve böylece yüksek tansiyon oluşumunu önlemektedir. Anjiotensin I-dönüştürücü enzimi inhibe eden ve esas olarak hipertansiyonu önlemede etkili olduğu bilinen antihipertansif peptitler vücudumuzda elektrolit dengesinin ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (2, 8, 32). Peptitlerin inhibisyon derecesi IC₅₀ değeri ile tanımlanmakta olup ACE faaliyetinin % 50'sinin inhibisyonuna

neden olan inhibitör konsantrasyonu olarak ifade edilmektedir (3, 22, 37).

ACE önleyici faaliyete sahip çok sayıda peptidin doğal ve işlenmiş gıdalardan izolasyonu ve karakterizasyonunun yapıldığı bildirilmektedir (13, 32). Doğal ACE önleyici peptitler ile ilgili ilk rapor bu peptitlerin yılan zehrinden elde edildiği üzerinedir (32). Daha sonra farklı ACE önleyici peptitler peynir (38), yumurta beyazı (39), süt proteini (40), soya, mısır ve buğday gibi bitkisel kaynaklar (41, 42) ile tavuk, sığır, somon, orkinos gibi et ve su ürünü kaynaklarında (6, 17, 32) ve enzimatik hidrolizatlarında tespit edilmiştir (2, 3, 5).

Gıda proteinleri kaynaklı peptitlerin çoğunun ACE üzerine inhibitör etki gösterdiği bilinmektedir. Ancak bu peptitlerin bazılarının oral uygulamalar sonucunda spontan hipertansiyonu olan sıçanlarda (SHR) antihipertansif etkiler gösterdiği rapor edilmesine rağmen (1), birçok ACE önleyici peptidin *in vitro* aktivite gösterdiği ve bazılarının oral alımlarından sonra antihipertansif aktivite göstermediği bildirilmektedir (1). Wu ve ark. (32) köpekbalığı eti hidrolizatından ticari proteaz enzimi kullanarak yüksek ACE önleyici faaliyet gösteren 4 farklı dipeptit (Cys-Phe, Glu-Tyr, Met-Phe ve Phe-Glu) tanımladıklarını rapor etmişlerdir. Arihara ve ark. (43) ise domuz kas proteinlerinin hidrolizi amacıyla 8 farklı proteaz (termolizin, proteinaz K, pronaz E, fisin, papain, tripsin, α-kimotripsin ve pepsin) kullandıkları çalışmalarında termolizin enzimi ile elde edilen izolatin daha güçlü inhibitör etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Nakashima ve ark. (44) myozin zinciri içerisinde bulunan ACE önleyici iki peptidin (Met-Asn-Pro-Pro ve Ile-Thr-Thr-Asn-Pro) antihipertansif aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir. SHR'lerde et proteinleri kaynaklı ACE önleyici peptitler ile beslemenin antihipertansif aktivite gösterdiği belirtilmektedir (44). Benzer şekilde su ürünleri kaynaklı antihipertansif peptitler ile SHR'lerde yapılan çok sayıdaki *in vivo* çalışmalarda da güçlü ACE önleyici aktivite sağlandığı belirtilmektedir (37). Lee ve ark. (45) orkinos proteinlerinin hidrolizasyonu sonucu elde edilen peptidin (Gly-Asp-Leu-Gly-Lys-Thr-Thr-Thr-Val-Ser-Asn-Trp-Ser-Pro-Pro-Lys-Try-Lys-Asp-Thr-Pro) ağız yolu ile SHR'lere verildiğinde sistolik kan basıncı üzerindeki baskılayıcı etkisinin ticari bir antihipertansif ilaç olan kaptopril ile benzer düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Fujita ve ark. (46) tavuk kas proteinlerinden termolizin uygulaması ile ACE önleyici peptitleri (Leu-Lys-Ala, Leu-Lys-Pro, Leu-Ala-Pro, Phe-Gln-Lys-Pro-Lys-Arg, Ile-Val-Gly-Arg-Arg-His-Gln-Gly, Phe-Lys-Gly-Arg-Tyr-Tyr-Pro, Ile-Lys-Trp) izole ettiklerini rapor etmişlerdir.

Antioksidan peptitler

Oksidasyon, serbest radikal üretimine bağlı olarak insanlarda patogeneze ve hastalık oluşumunun ana nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir (12, 47). Gıdalar gibi biyolojik dokular oksidatif zarardan korunmak için serbest radikal yakalayıcılar,

metal şelatlama ajanları ve enzimler (süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, katalaz vb.) gibi antioksidan sistemler içermelerine (12, 48) rağmen gıdalarda meydana gelen oksidasyon reaksiyonları lipitleri, proteinleri ve karbonhidratları etkilemektedir. Lipit oksidasyonu özellikle yüksek miktarda yağ içeren et ve et ürünlerinin besleyici değerinin azalmasına, kalitesinin bozulmasına ve raf ömrünün kısılmasına neden olan en önemli faktörlerden birisidir (49). Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunun kontrol altına alınması ya da geciktirilmesi amacıyla kütleme, vakum veya modifiye atmosferde paketlenme, depolama sıcaklığının düşürülmesi veya dondurarak depolama ile doğal veya sentetik antioksidanların kullanımı en çok başvurulan yöntemlerdir (50).

Proteinlerin, protein hidrolizatlarının, peptitlerin ve aminoasitlerin önemli düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir (33, 51). Proteinlerin antioksidan aktiviteleri yapılarındaki aminoasitlerden ve enzimatik hidroliz ile elde edilen biyoaktif özellikteki peptitlerden kaynaklanmaktadır. Peptitlerin antioksidan aktivitesinin metal iyonu (52) ve serbest radikal bağlama özelliğine (2, 31, 53) bağlı olduğu rapor edilmiştir. Peptitlerin antioksidan aktiviteleri, peptitleri izole etmek için uygulanan çalışma koşulları, izole edilen peptit yapısı ve aminoasit zincirinden, hidroliz için kullanılan proteaz çeşidinden ve peptit konsantrasyonundan etkilenmektedir (3, 5, 11). Biyoaktif peptitlerin antioksidan aktivitelerinin hidrofobik aminoasitlerden, bazı aromatik aminoasitler ve histidinden kaynaklandığı bildirilmektedir (2, 3, 8, 34). Shahidi ve Zhong (8) peptit zincirleri içerisinde yüksek miktarda histidin ve hidrofobik aminoasit içeren peptitlerin yüksek oranda DPPH radikali giderme aktivitesi gösterdiğini, peptitlerin radikal giderme etkilerinin aromatik aminoasitlerin yapısında bulunan hidroksil gruplarının hidrojen verici aktivitelerinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Sun ve ark. (30) benzer şekilde peptitlerde bulunan hidrofobik aminoasitlerin yüksek antioksidatif etki gösterdiklerini belirtmişlerdir. Tyr, Trp, Met, Lys, Cys ve His antioksidan aktivite gösteren aminoasitlere örnek olarak verilmektedir. Histidin içeren peptitlerin antioksidan aktivitelerinin hidrojen verici, lipit peroksid radikali tutucu ve imidazol grubunun metal iyonlarını bağlama yeteneği ile ilgili olduğu rapor edilmiştir. Diğer taraftan, sistein içerisinde bulunan SH grubunun radikaller ile doğrudan etkileşime girerek antioksidan aktivitesini bağımsız olarak gösterdiği belirtilmektedir (8, 11).

Saiga ve ark. (26) proteaz (Papain veya E actinase) enzimi kullanarak domuz miyofibriler proteinlerinden elde edilen hidrolizatların Fe²⁺ ile katalizlenen linolenik asit peroksidasyonu sisteminde yüksek düzeyde antioksidan aktivite sergilediğini, papain hidrolizatlarının neredeyse E vitamini kadar antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Centenaro ve ark. (51) tarafından yapılan çalışmada balık ve tavuk etinden elde edilen hidrolizatların antioksidan potansiyellerinin bulunduğu, sığır kıymasına 40 mg/ml seviyesinde eklenen balık ve tavuk hidrolizatlarının sırasıyla % 93 ve % 80 oranlarında lipit oksidasyonunu engellediği belirtilmiştir. Jin ve ark. (54) mekaniksel olarak ayrıştırılmış tavuk etlerinden elde edilen hidrolizatların yüksek oranda DPPH radikali yakalama aktivitesi gösterdiğini rapor etmişlerdir. Sun ve ark. (55) domuz hemoglobininin elde edilen peptit zincir ve hidrolizatlarının antioksidan aktivite gösterdiklerini bildirmişlerdir. Domuz dokularından elde edilen hidrolizatların antioksidan aktiviteye sahip olduğu yapılan diğer bir çalışmada da belirtilmektedir (56). Sun ve ark. (30) papain enzimi kullanılarak elde edilen tavuk eti protein hidrolizatlarının *in vitro* şartlarda kuvvetli indirgeme gücünün ve DPPH radikali yakalama kabiliyetinin olduğunu, *in vivo* şartlarda antioksidan enzim aktivitesini arttırdığını, karaciğerde ve serumda malonaldehit seviyesini azalttığını belirtmişlerdir. Wang ve ark. (31) protamex kullanarak ördek etinden iki farklı antioksidan özellikteki peptit zincirlerini izole ettiklerini, Leu-Gln-Ala-Glu-Val-Glu-Glu-Leu-Arg-Ala-Ala-Leu-Glu peptit zincirinin yüksek oranda DPPH radikali giderme ve Fe²⁺ şelatlama etkisi gösterdiğini, Ile-Glu-Asp-Pro-Phe-Asp-Gln-Asp-Asp-Trp-Gly-Ala-Trp-Lys-Lys peptit zincirinin ise yüksek oranda hidroksil (-OH) radikali giderme aktivitesi gösterdiğini bildirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise tavuk karaciğerinden pepsin enzimi kullanılarak elde edilen hidrolizatlar ile beslenen farelerde *in vivo* antioksidan kapasitesinin artış gösterdiği rapor edilmiştir (57). Onuh ve ark. (18) tavuk derisinden enzimatik hidroliz ile elde ettikleri hidrolizatların *in vitro* antioksidan aktivite gösterdiğini, ayrıca proteolitik enzim konsantrasyonunun artışına paralel olarak DPPH radikali giderme ve metal iyonlarını bağlama özelliklerinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan peptit zincirinin uzunluğunun artışına paralel olarak antioksidan aktivitenin azaldığını rapor etmişlerdir. Soladoye ve ark. (58) tavuk kolajeninden flavourzyme enzimi kullanılarak elde edilen hidrolizatların yüksek antioksidan aktivite gösterdiklerini rapor etmişlerdir.

Antimikrobiyel peptitler

Antimikrobiyel özellik gösteren peptitler çoğunlukla kısa zincirli katyonik peptitler olarak bilinen ve genellikle molekül ağırlığı 10.000 Da'nın altında, 50'den daha az aminoasit içeren ve içerdiği aminoasitlerin % 50'ye yakınının hidrofobik özellik gösterdiği peptitlerdir. Bu peptitler iki ya da daha çok pozitif yüklü arjinin ve lizin kalıntılarını veya asidik pH'larda histidin kalıntılarını içermektedir. Bu peptitler *in vitro* olarak enzimatik hidroliz ile üretilebilmektedir (14, 39). Antimikrobiyel peptitlerin Gram negatif ve Gram pozitif bakteriler,

mikobakteriler, virüsler ve mantarlar üzerine etkili olduğu bildirilmektedir (10, 15). Antimikrobiyel peptitlerin nükleik asit ve bakteriyel hücre duvarı sentezini inhibe ederek ve otolitik enzim sistemini teşvik ederek etkilerini gösterdikleri bildirilmektedir (15, 59-61).

Daoud ve ark. (62) pepsin kullanarak sığır hemoglobininin hidroliz yolu ile antimikrobiyel peptitleri izole ettikleri çalışmalarında peptidin α -hemoglobin içerisinde yer alan 107-136 (¹⁰⁷Val-Thr-Leu-Ala-Ser-His-Leu-Pro-Ser-Asp-Phe-Thr-Pro-Ala-Val-His-Ala-Ser-Leu-Asp-Lys-Phe-Leu-Ala-Asn-Val-Ser-Thr-Val-Leu¹³⁶) aralığındaki aminoasit dizisine karşılık geldiğini rapor etmişlerdir. Bu peptit zincirinin test edilen bütün bakteri suşlarına karşı antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu ancak *M. luteus* A270, *Listeria innocua*, *E. coli* ve *S. enteritidis* suşlarına karşı antimikrobiyel aktivitesinin daha güçlü olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise sığır hemoglobininin antimikrobiyel aktivite gösteren 4 adet peptit zincirinin (α 107-141, α 107-133, α 133-141 ve α 126-145) elde edildiği, peptitlerin *M. luteus* A270, *Listeria innocua*, *E. coli* ve *S. enteritidis* suşlarına karşı antimikrobiyel aktivite gösterdiği belirtilmiştir (63). Nedjar-Arroume ve ark. (64) pepsin enzimi kullanarak sığır hemoglobininin antimikrobiyel aktivite gösteren 30 yeni peptit elde ettiklerini ve peptitlerden 24'ünün α zinciri içerisinde, 6'sının ise β zinciri içerisinde yer aldığını belirtmişlerdir. Jang ve ark. (65) tarafından sığır sarkoplazmik proteinlerinden farklı ticari enzimler (termolizin+proteinaz A, tripsin, proteinaz K, tyrosinaz, pepsin, papain ve proteaz) kullanılarak elde edilen peptitlerden Gly-Leu-Ser-Asp-Gly-Glu-Trp-Gln peptidinin *Salmonella* Typhimurium, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* ve *Listeria monocytogenes* üzerine, Gly-Phe-His-Ile peptidinin *E. coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* üzerine, Phe-His-Gly peptidinin sadece *P. aeruginosa* üzerine ve Asp-Phe-His-Ile-Asn-Gly peptidinin ise sadece *E. coli* üzerine antimikrobiyel aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Hu ve ark. (66) sığır α -hemoglobininin antimikrobiyel özellikte peptit elde ettiklerini (Val-Asn-Phe-Lys-Leu-Leu-Ser-His-Ser-Leu-Leu-Val-Thr-Leu-Ala-Ser-His-Leu) ve peptidin *E. coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Candida albicans*'a karşı antimikrobiyel aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Gomez-Guillen ve ark. (67) orkinos ve kalamar jelatininden elde ettikleri peptitlerin *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Shewanella putrefaciens* ve *Photobacterium phosphoreum*'a karşı yüksek oranda antimikrobiyel aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Diğer biyolojik aktiviteleri

Et kaynaklarından elde edilen bazı peptitlerin hücre çoğalmasını önleyerek ve tümör hücrelerine karşı sitotoksik etki göstererek antikanserojenik aktivite gösterdiğini bildirilmektedir (5, 14, 22).

Antikanserojenik aktiviteye sahip olan peptitler kısa zincirli ve hidrofobik kalıntılar içeren peptitlerdir. Antimikrobiyel peptitlerin çoğu aynı zamanda antikanserojenik aktivite de göstermektedir (68). Jang ve ark. (65) sığır sarkoplazmik proteinlerinden izole ettikleri Gly-Phe-His-Ile peptit zincirinin göğüs kanser hücreleri üzerine sitotoksik etki gösterdiğini ve mide kanser hücrelerinin çoğalmasını önlediğini belirtmişlerdir. Su ve ark. (69) keçi dalağından elde ettikleri protein hidrolizatının antikanserojenik aktiviteye sahip olduğunu ve elde edilen peptidin (ACBP) mide kanser hücrelerinin çoğalmasını önlediğini rapor etmişlerdir. Chang ve ark. (70) tilapya balığından elde ettikleri antimikrobiyel peptidin (Hepsidin, TH1-5) tümör hücrelerinin çoğalmasını önleyici etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Su ve ark. (71) keçi dalak ve karaciğerinden elde edilen peptitlerin *in vitro* ve *in vivo* şartlarda mide kanser hücrelerinin büyümesini engellediğini ve kanser hücre ölümünü teşvik ettiğini rapor etmişlerdir.

Biyoaktif peptitlerin merkezi sinir sistemi üzerinde aktif bir rol oynadığı bildirilmektedir. Biyoaktif peptitler opioid benzeri ve prolin endopeptidaz önleyici aktiviteleri sayesinde ruhsal bozuklukların tedavisinde önemli rol oynamaktadırlar. Opioid peptitler sinir sistemi üzerindeki etkilerini solunumu yavaşlatmak, beyin bölgesine bağlı olarak kan dolaşımını teşvik etmek veya baskılamak, sindirim sistemindeki kasların hareketini azaltarak gıdaların sindirim sisteminden daha yavaş geçişini sağlamak suretiyle sağlamaktadırlar (72). Literatürde et proteinlerinden opioid peptitlerin üretimi üzerine yapılan bir çalışmada opioid aktivite gösteren hemorfin'in (VV-hemorfin-7; Val-Val-Tyr-Pro-Trp-Thr-Gln-Arg-Phe, LVV-hemorfin-7; Leu-Val-Val-Tyr-Pro-Trp-Thr-Gln Arg-Phe) sığır hemoglobininin elde edildiği bildirilmektedir (73). Ianzer ve ark. (74) köpek pankreasından ve koyun beyininden hemorfin ve hemorfin benzeri peptitleri izole ettiklerini bildirmişlerdir.

Et kaynaklarından elde edilen bazı peptitlerin antitrombotik özellikler gösterdiği ve kullanımları ile kalp ve damar hastalıklarının kontrolünde veya önlenmesinde yararlı etkilerin sağlanabileceği bildirilmektedir (2, 75, 76). Shimizu ve ark. (75) tarafından papain hidrolizi ile domuz etinden elde edilen peptitlerin farelere ağız yoluyla 70 ve 210 mg/kg kullanımı sonucunda peptit zincirinin tromboz oluşumunu önlediği ve 50 mg/kg düzeyinde uygulanan aspirin ile benzer etki gösterdiği rapor edilmiştir.

SONUÇ

Et kaynaklı biyoaktif peptitler insan sağlığı için faydalı olabilecek birçok biyolojik aktiviteye sahiptir. Literatürde et kaynaklı peptitlerin izolasyonu, tanımlanması ve *in vitro* şartlarda fonksiyonel özelliklerini gösteren çalışmalar bulunmasına rağmen, *in vivo* şartlarda fonksiyonel

özelliklerini gösteren çalışmalar yeterli düzeyde bulunmamaktadır. Sonuç olarak et kaynaklı biyoaktif peptitlerin fonksiyonel özellikleri üzerine yapılacak *in vivo* çalışmalar ile gıda sistemlerindeki etki mekanizmalarının belirlenmesine yönelik yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Arihara H. 2006. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci*, 74, 219-229.
2. Milan BZ, Marija B, Jelena I, Jelena J, Marija D, Radmila M, Baltic T. 2014. Bioactive peptides from meat and their influence on human health. *Tehnologija mesa*, 55 (1), 8-21 [In Serbial].
3. Stadnik J, Keska P. 2015. Meat and fermented meat products as a source of bioactive peptides. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 14 (3), 181-190 [In Poland].
4. Arihara K, Ohata M. 2010. Functional meat products. In: *Handbook of Meat Processing*, Fidel Toldra (Chief ed), Wiley-Blackwell, USA, pp. 423-435.
5. Ryan JT, Ross RP, Bolton D, Fitzgerald GF, Stanton C. 2011. Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients*, 3, 765-791 [In Switzerland].
6. Castellano P, Aristoy MC, Sentandreu MA, Vignolo G, Toldra F. 2013. Peptides with angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activity generated from porcine skeletal muscle proteins by the action of meat-borne *Lactobacillus*. *J Proteomics*, 89, 183-190.
7. Wu J, Jahandideh F, Yu W, Majumder K. 2015. Bioactive peptides from meat proteins as functional food components. In: *Functional Polymers in Food Science*, Giuseppe Cirillo, Umile Gianfranco Spizzirri, Franceska Lemma (Chief ed), Scrivener Publishing LLC, USA, pp. 181-208.
8. Shahidi F, Zhong Y. 2008. Bioactive peptides. *J AOAC Int*, 91 (4), 914-931.
9. Lafarga T, Hayes M. 2014. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat Sci*, 98, 227-239.
10. Bhat ZF, Kumar S, Bhat HF. 2015. Bioactive peptides of animal origin: a review. *J Food Sci Technol*, 52 (9), 5377-5392.
11. Sarmadi BH, Ismail A. 2010. Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31, 1949-1956.
12. Bernardini R, Harnedy P, Bolton D, Kerry J, O'Neill E, Mullen AM, Hayes M. 2011. Antioxidant and antimicrobial peptidic hydrolysates from muscle protein sources and by-products. *Food Chem*, 124 (4), 1296-1307.
13. Hernandez-Ledesma B, Contreras MM, Recio I. 2011. Antihypertensive peptides: Production, bioavailability and incorporation into foods. *Adv Colloid Interfac*, 165, 23-35.
14. Najafian L, Babji AS. 2012. A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: Their production, assessment, and applications. *Peptides*, 33, 178-185.
15. Song R, Wei R, Luo H, Wang D. 2012. Isolation and characterization of an antibacterial peptide fraction from the pepsin hydrolysate of half-fin anchovy (*Setipinna taty*). *Molecules*, 17, 2980-2991.
16. Zhang L, Liu Y, Tian X, Tian Z. 2014. Antimicrobial capacity and antioxidant activity of enzymatic hydrolysates of protein from ruhsan bay oyster (*Crassostrea gigas*). *J Food Process Pres*, 39 (4), 404-412.
17. Ahhmed AM, Muguruma M. 2010. A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat Sci*, 86, 110-118.
18. Onuh JO, Girgih AT, Aluko RE, Aliani M. 2014. In vitro antioxidant properties of chicken skin enzymatic protein hydrolysates and membrane fractions. *Food Chem*, 150, 366-373.
19. Khiari Z, Rico D, Martin-Diana AB, Barry-Ryan C. 2014. Structure elucidation of ACE-inhibitory and antithrombotic peptides isolated from mackerel skin gelatine hydrolysates. *J Sci Food Agric*, 94, 1663-1671.
20. Dziuba B, Dziuba M. 2014. Milk proteins-derived bioactive peptides in dairy products: molecular, biological and methodological aspects. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 13 (1), 5-25 [In Poland].
21. Kolomin T, Shadrina M, Slominsky P, Limborska S, Myasoedov N. 2013. A new generation of drugs: Synthetic peptides based on natural regulatory peptides. *Neuroscience and Medicine*, 4, 223-252.
22. Udenigwe CC, Aluko RE. 2012. Food protein-derived bioactive peptides: Production, processing, and potential health benefits. *J Food Sci*, 71 (1), 11-24.
23. Escudero E, Sentandreu MA, Arihara K, Toldra F. 2010. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides generated from in vitro gastrointestinal digestion of pork meat. *J Agric Food Chem*, 58 (5), 2895-2901.
24. Samaranayaka AGP, Li-Chan ECY. 2011. Food-derived peptidic antioxidants: A review of their production, assessment, and potential applications. *J Func Food*, 3 (4), 229-254.
25. Paolella S, Falavigna C, Faccini A, Virgili R, Sforza S, Dall'Asta C, Dossena A, Galaverna G. 2015. Effect of dry-cured ham maturation time on simulated gastrointestinal digestion: Characterization of the released peptide fraction. *Food Res Int*, 67, 136-144.

26. Saiga A, Tanabe S, Nishimura T. 2003. Antioxidant activity of peptides obtained from porcine myofibrillar proteins by protease treatment. *J Agric Food Chem*, 51, 3661-3667.
27. Zambrowicz A, Timmer M, Polanowski A, Lubec G, Trziszka T. 2013. Manufacturing of peptides exhibiting biological activity. *Amino Acids*, 44, 315-320.
28. Hayes M, Tiwari B.K. 2015. Bioactive carbohydrates and peptides in foods: An overview of sources, downstream processing steps and associated bioactivities. *Int J Mol Sci*, 16, 22485-22508.
29. Arihara K, Nakashima Y, Ishikawa S, Itoh, M. 2004. Antihypertensive activities generated from porcine skeletal muscle proteins by lactic acid bacteria. 50th International Congress of Meat Science and Technology, 8-13 August 2004, Helsinki, Finland, 236 p.
30. Sun Y, Pan D, Guo Y, Li J. 2012. Purification of chicken breast protein hydrolysates and analysis of its antioxidant activity. *Food Chem Toxicol*, 50, 3397-3404.
31. Wang L, Huang J, Chen Y, Huang M, Zhou G. 2015. Identification and characterization of antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of duck meat. *J Agric Food Chem*, 63, 3437-3444.
32. Wu H, He H, Chen X, Sun C, Zhang Y, Zhou B. 2008. Purification and identification of novel angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides from shark meat hydrolysate. *Process Biochem*, 43, 457-461.
33. Bougateg A, Nedjar-Arroume N, Manni L, Ravallec R, Barkia A, Guillochon D, Nasri M. 2010. Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products proteins. *Food Chem*, 118, 559-565.
34. Ngo D, Vo T, Ngo D, Wijesekara I, Kim S. 2012. Biological activities and potential health benefits of bioactive peptides derived from marine organisms. *Int J Biol Macromol*, 51, 378-383.
35. Wu J, Cheng J, Shi X. 2013. Preparation of ACE inhibitory peptides from *Mytilus coruscus* hydrolysate using uniform design. *Biomed Res Int*, 6p [In Korea].
36. Balti R, Bougateg A, Sila A, Guillochon D, Dhulster P, Nedjar-Arroume N. 2015. Nine novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from cuttlefish (*Sepia officinalis*) muscle protein hydrolysates and antihypertensive effect of the potent active peptide in spontaneously hypertensive rats. *Food Chem*, 170, 519-525.
37. Kim S, Wijesekara I. 2010. Development and biological activities of marine-derived bioactive peptides: A review. *J Func Foods*, 2, 1-9.
38. Stuknyte M, Cattaneo S, Masotti F, Noni ID. 2015. Occurrence and fate of ACE-inhibitor peptides in cheeses and in their digestates following in vitro static gastrointestinal digestion. *Food Chem*, 168, 27-33.
39. Zambrowicz A, Timmer M, Polanowski A, Lubec G, Trziszka T. 2013. Manufacturing of peptides exhibiting biological activity. *Amino Acids*, 44, 315-320.
40. Wada Y, Lönnerdal B. 2014. Bioactive peptides derived from human milk proteins-mechanisms of action. *J Nutr Biochem*, 25, 503-514.
41. Wang N, Le G, Shi Y, Zeng Y. 2014. Production of bioactive peptides from soybean meal by solid state fermentation with lactic acid bacteria and protease. *Adv J Food Sci Technol*, 6 (9), 1080-1085 [In England].
42. Huang L, Liu B, Ma H, Zhang X. 2014. Combined effect of ultrasound and enzymatic treatments on production of ACE inhibitory peptides from wheat germ protein. *J Food Process Pres*, 38, 1632-1640.
43. Arihara K, Nakashima Y, Mukai T, Ishikawa S, Itoh M. 2001. Peptide inhibitors for angiotensin I-converting enzyme from enzymatic hydrolysates of porcine skeletal muscle proteins. *Meat Sci*, 57, 319-324.
44. Nakashima Y, Arihara K, Sasaki A, Ishikawa S, Itoh M. 2002. Antihypertensive activities of peptides derived from porcine skeletal muscle myosin in spontaneously hypertensive rats. *J Food Sci*, 67, 434-437.
45. Lee S, Qian Z, Kim S. 2010. A novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from tuna frame protein hydrolysate and its antihypertensive effect in spontaneously hypertensive rats. *Food Chem*, 118, 96-102.
46. Fujita H, Yokoyama K, Yoshikawa M. 2000. Classification and antihypertensive activity of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins. *J Food Sci*, 65, 564-569.
47. Xiong YL. 2010. Antioxidant peptides. In: *Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods and Nutraceuticals*, Yoshinori Mine, Eunice Li-Chan, Bo Jiang (ed), Wiley-Blackwell, USA, pp. 29-39.
48. Nimse SB, Pal D. 2015. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Adv*, 5, 27986-28006.
49. Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V. 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Res Int*, 64, 171-181.
50. Şimşek A, Kılıç B. 2012. Et ve ürünlerinde antioksidan kullanımındaki güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, 10 (2), 75-83.
51. Centenaro GS, Salas-Mellado M, Pires C, Batista I, Nunes ML, Prentice C. 2014. Fractionation of protein hydrolysates of fish and chicken using membrane ultrafiltration: Investigation of antioxidant activity. *Appl Biochem Biotechnol*, 172 (6), 2877-2893.

52. Oliveira CF, Coletto D, Correa APF, Daroit DJ, Toniolo R, Cladera-Olivera F, Brandelli A. 2014. Antioxidant activity and inhibition of meat lipid oxidant by soy protein hydrolysates obtained with a microbial protease. *Int Food Res J*, 21 (2), 775-781 [In Malaysia].
53. Choi JH, Kim K, Kim SM. 2015. Biofunctional properties of enzymatic squid meat hydrolysate. *Prev Nutr Food Sci*, 20 (1), 67-72 [In Korea].
54. Jin S, Go G, Jung E, Lim H, Yang H, Park J. 2014. Effect of mechanically deboned chicken meat hydrolysates on the physicochemical properties of imitation fish paste. *Asian Australas J Anim Sci*, 27 (1), 115-122 [In Korea].
55. Sun Q, Shen H, Luo Y. 2011. Antioxidant activity of hydrolysates and peptide fractions derived from porcine hemoglobin. *J Food Sci Technol*, 48 (1), 53-60.
56. Damgaard TD, Otte JAH, Meinert L, Jensen K, Lametsch R. 2014. Antioxidant capacity of hydrolyzed porcine tissues. *Food Sci Nutr*, 2 (3), 282-288.
57. Chou C, Wang S, Lin Y, Chen Y. 2014. Antioxidant activities of chicken liver hydrolysates by pepsin treatment. *Int J food Sci Tech*, 49, 1654-1662.
58. Soladoye OP, Saldo J, Peiro L, Rovira A, Mor-Mur M. 2015. Antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory functions from chicken collagen hydrolysates. *J Nutr Food Sci*, 5 (3), 1-9.
59. Bahar AA, Ren D. 2013. Antimicrobial peptides. *Pharmaceuticals*, 6, 1543-1575 [In Switzerland].
60. Torcato IM, Huang Y, Franquelim HG, Gaspar D, Craik DJ, Castanho MARB, Henriques ST. 2013. Design and characterization of novel antimicrobial peptides, R-BP100 and RW-BP100, with activity against Gram-negative and Gram-positive bacteria. *BBA-Biomembranes*, 1828, 944-955.
61. Pushpanathan M, Gunasekaran P, Rajendhran J. 2013. Antimicrobial peptides: Versatile biological properties. *Int J Peptides*, 15p [In Egypt].
62. Daoud R, Dubois V, Bors-Dodita L, Nedjar-Arroume N, Krier F, Chihib N, Mary P, Kouach M, Briand G, Guillochon D. 2005. New antibacterial peptide derived from bovine hemoglobin. *Peptides*, 26, 713-719.
63. Nedjar-Arroume N, Dubois-Delval V, Miloudi K, Daoud R, Krier F, Kouach M, Briand G, Guillochon D. 2006. Isolation and characterization of four antibacterial peptides from bovine hemoglobin. *Peptides*, 27, 2082-2089.
64. Nedjar-Arroume N, Dubois-Delval V, Adje E.Y, Traisnel J, Krier F, Mary P, Kouach M, Briand G, Guillochon D. 2008. Bovine hemoglobin: An attractive source of antibacterial peptides. *Peptides*, 29, 969-977.
65. Jang A, Jo C, Kang KS, Lee M. 2008. Antimicrobial and human cancer cell cytotoxic effect of synthetic angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides. *Food Chem*, 107, 327-336.
66. Hu J, Chen C, Zhang S, Zhao X, Xu H, Zhao X, Lu J.R. 2011. Designed antimicrobial and antitumor peptides with high selectivity. *Biomacromolecules*, 12 (11), 3839-3843 [In USA].
67. Gomez-Guillen MC, Lopez-Caballero ME, Aleman A, Lopez LA, Gimenez B, Montero P. 2010. Antioxidant and antimicrobial peptide fractions from squid and tuna skin gelatin. *Transworld Res Net*, 89-115 [In India].
68. Tyagi A, Tuknait A, Anand P, Gupta S, Sharma M, Mathur D, Joshi A, Singh S, Gautam A, Raghava GPS. 2015. CancerPPD: a database of anticancer peptides and proteins. *Nucleic Acids Res*, 43, 837-843 [In England].
69. Su L, Xin H, Liu Y, Zhang J, Xin H, Su X. 2014. Anticancer bioactive peptide (ACBP) inhibits gastric cancer cells by upregulating growth arrest and DNA damage-inducible gene 45A (GADD45A). *Tumor Biol*, 35, 10051-10056.
70. Chang W, Pan C, Rajanbabu V, Cheng C, Chen J. 2011. Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) antimicrobial peptide, hepcidin 1-5, shows antitumor activity in cancer cells. *Peptides*, 32, 342-352.
71. Su X, Dong C, Zhang J, Su L, Wang X, Cui H, Chen Z. 2014. Combination therapy of anti-cancer bioactive peptide with Cisplatin decreases chemotherapy dosing and toxicity to improve the quality of life in xenograft nude mice bearing human gastric cancer. *Cell Biosci*, 4 (7), 13p.
72. Froehlich JC. 1997. Opioid peptides. *Alcohol Health Res World*, 21 (2), 132-136.
73. Gomes I, Dale CS, Casten K, Geigler MA, Gozzo FC, Ferro ES, Heimann AS, Devi LA. 2010. Hemoglobin-derived peptides as novel type of bioactive signaling molecules. *The AAPS J*, 12 (4), 658-669.
74. Ianzer D, Konno K, Xavier CH, Stöcklin R, Santos RA, Camargo AC, Pimenta DC. 2006. Hemorphin and hemorphin-like peptides isolated from dog pancreas and sheep brain are able to potentiate bradykinin activity in vivo. *Peptides*, 27 (11), 2957-2966.
75. Shimizu M, Sawashita N, Morimatsu F, Ichikawa J, Taguchi Y, Ijiri Y, Yamamoto J. 2009. Antithrombotic papain-hydrolyzed peptides isolated from pork meat. *Thromb Res*, 123 (5), 753-757.
76. Udenigwe CC, Ashton H. 2013. Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Res Int*, 54, 1021-1032.

SÜT PROTEİNİ KAYNAKLI ACE-İNİHİBİTÖR PEPTİTLERİ: OLUŞUMU, ETKİ MEKANİZMASI ve BİYOYARARLILIKLARI

Ali Koçak, Tuba Şanlı*

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / Received: 12.02.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 28.03.2016

Kabul tarihi / Accepted: 30.03.2016

Özet

Süt proteinleri, günümüzde biyoaktif peptitlerin temel kaynağını oluşturmaktadır. Biyoaktif peptitler, ana protein sekansı içerisinde inaktif formda bulunmasına karşın, laktik asit bakterileri tarafından sütünü fermente edilmesi ve enzimatik hidroliz yoluyla açığa çıkabilmektedir. *In vivo* ve *in vitro* ortamda en çok çalışılan biyoaktif peptit grubunu anjiyotensin-dönüştürücü enzim (ACE) inhibitör peptitleri oluşturmaktadır. Bu fonksiyona sahip peptitlerden valin-prolin-prolin (VPP) ve izolösin-prolin-prolin (IPP) peptitleri en çok izole edilen biyoaktif peptitler arasında yer almaktadır. Süt proteini kaynaklı peptitler, hipertansiyon tedavisinde ilaçlar kadar etkili olmasa da, bu tip peptitler doğal ve yan etkisiz alternatifler olarak görülmektedir. Bu makalede, süt kaynaklı antihipertansif peptitlerin yapıları, oluşumları ve biyoyararlılıkları hakkında yapılan bazı çalışmalar tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Süt proteinleri, Antihipertansif peptitler, ACE, Süt ürünleri

MILK PROTEINS DERIVED ACE-INHIBITORY PEPTIDES: FORMATION, IMPACT MECHANISM and BIOAVAILABILITY

Abstract

Milk proteins are currently the main source of bioactive peptides which are inactive within the sequence of native protein but can be released by proteolysis during milk fermentation with lactic acid bacteria and by enzymatic hydrolysis. The most studied group of bioactive peptides *in vivo* and *in vitro* up until now are angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides. The main peptides which have been linked to this property are the tri peptides such as those having the amino acid sequence of valin-prolin-prolin (VPP) and izolösin-prolin-prolin (IPP). The peptides derived from milk proteins are not as potent as the drugs used for hypertension treatment, but hold a promise as safer and natural therapeutic agents without any adverse effect. In this review, some studies related to with structure, formation and bioavailability of milk derived antihypertensive peptides were discussed.

Keywords: Milk proteins, Antihypertensive peptides, ACE, Dairy products

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ tcetin@agri.ankara.edu.tr,

☎ (+90) 312 596 1527,

☎ (+90) 312 318 2219

GİRİŞ

Biyoaktif peptitler, vücut fonksiyonları ve sağlık üzerinde pozitif etkileri olan spesifik protein kısımları olarak tanımlanmaktadır (1, 2). Ana protein sekansı içinde inaktif durumda bulunan bu peptitler (3), öncül proteinlerden sindirim enzimleriyle enzimatik hidroliz, proteolitik starter kültürler aracılığıyla fermantasyon ve bitki ya da mikroorganizma kaynaklı enzimler aracılığıyla proteoliz sırasında açığa çıkmaktadır (4-6). Ana protein molekülünden açığa çıkan söz konusu peptitler (7), vücut içinde hormon benzeri düzenleyici bileşen olarak görev alabilmekte (8), amino asit boyutu ve içeriğine bağlı olarak vücutta antihipertansif, antioksidatif, opioid, antimikrobiyel etki, bağışıklık sistemini düzenleme gibi birçok biyolojik aktivite gösterebilmektedir (8-10).

Biyoaktif peptitler için önemli bir kaynak olarak gösterilen süt proteinleri bilim adamları için yaygın bir araştırma konusu olmuş ve yapılan çalışmalarda süt ve süt ürünlerinde fizyolojik ve biyolojik pek çok fonksiyona sahip biyoaktif peptidin varlığı tespit edilmiştir (7, 11-14). Bunlar arasında; anjiyotensin-dönüştürücü enzim (ACE; EC 3.4.15.1) inhibitörleri olarak da bilinen antihipertansif peptitler en fazla çalışma konusu olanlardır (15).

Birçok ticari süt ürününün biyoaktif peptit içerdiği bildirilmekte ve bu peptitlerin temel olarak starter kültürler aracılığıyla fermantasyon ve olgunlaşma işlemleri sırasında açığa çıktığı bilinmektedir (8). Bazı ülkelerde, ACE-inhibitör peptitlerini içeren bazı fonksiyonel gıdalar orta derecede hipertansiyon tedavisinde beslenmenin bir parçası olarak önerilmektedir (16). Bu fonksiyonel gıdalardan; Evolus (Finlandiya), Calpis (Japonya), Casein DP-Peptio (Japonya), Ameal S-120 (Japonya), Danaten (Fransa) gibi ACE-inhibitör peptitlerini içeren ticari süt ürünleri hipertansiyona ek ya da alternatif tedavi yöntemi olarak kullanılabilir (17). Bunlar arasında Calpis ve Casein DP-Peptio, Japonya'da "Sağlık İçin Kullanılan Gıdalar" (Food for Specified Health Uses, FOSHU) listesinde yer almaktadır (15).

ACE-İNİHİTÖR PEPTİTLERİNİN ETKİ

MEKANİZMASI

ACE, kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynayan renin-anjiyotensin sisteminde (RAS) bulunan önemli bir enzim olarak tanımlanmaktadır

(18, 19). Vücutta akışkan dengesinin ve kan basıncının düzenlenmesinde rol oynayan RAS, proteolitik bir sistem olup, kardiyovasküler sistemin kontrolünde etkili olan önemli metabolik yollardan biridir (20, 21).

RAS'ta, karaciğerden sentezlenen anjiyotensinojen proteini, böbrekten salgılanan renin enziminin etkisiyle anjiyotensin-I'e dönüştürülür. Anjiyotensin-I ise akciğerlerde üretilen ACE tarafından damar daraltıcı özelliğe sahip anjiyotensin-II'ye dönüştürülmektedir (20, 22). Anjiyotensin II varlığı kan basıncının yükselmesine neden olmakta ve aldosteron salgılanmasını uyarmaktadır (23, 24). Buna ek olarak, ACE; kallikrein-kinin sistemine de katılarak bu sistemde yer alan ve damar genişletici fonksiyonu olan bradikinini inhibe etmektedir (21). Sonuç olarak, ACE-inhibitörleriyle anjiyotensin II oluşumunun engellenmesi, damarların daralmasını önleyerek kan basıncının düşmesini sağlar (25). Bu nedenle ACE inhibisyon aktivitesi, hipertansiyon tedavisinde yararlı bir metot olarak görülmektedir (16, 26).

Dünya genelinde yaygın bir rahatsızlık olan hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklarla bağlantılı olan, kontrol edilebilir bir risk faktörüdür (15). Captopril, enalapril, alacepril, lisinopril gibi ACE inhibisyonu sağlayan birçok ilaç hipertansiyon tedavisinde kullanılmaktadır (27). Ancak, bu tür sentetik inhibitörlerin kronik kuru öksürük, hipotansiyon, deri döküntüleri, böbrek fonksiyonunda bozulmalar gibi birçok yan etkileri olduğu bildirilmektedir (15). Hipertansiyon tedavisinde gıda proteini kaynaklı doğal ACE-inhibitör peptitlerinin kullanımı, yan etkileri olmadığı için daha güvenli bir alternatif olarak görülmektedir (15, 28). Bununla birlikte; doğal kaynaklı biyoaktif peptitlerin genellikle sentetik benzerlerine göre daha yüksek konsantrasyonlarda aktivite gösterdiği bildirilmekte ve bu peptitleri içeren fonksiyonel gıdaların, hastalığın tedavisinden ziyade hastalığı önleme amacıyla kullanılması önerilmektedir (17). Bazı sentetik ve süt kaynaklı ACE-inhibitör peptitlerinin %50 ACE inhibisyonu sağlamak için gereken peptit konsantrasyonunu ifade eden IC50 değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Süt proteinlerinin proteolitik starter kültürler kullanılarak hidrolizi, biyoaktif peptitlerin açığa çıkmasında geniş ölçüde kullanılan bir tekniktir. Bu sayede ACE-inhibitör peptitlerini içeren fermente sütler, tıbbi gıdaların geliştirilmesinde önemli bir araç haline gelmiştir (28).

Çizelge 1. Bazı süt kaynaklı ve sentetik ACE-inhibitörlerinin IC₅₀ değerleri

Peptit Sekansı	Peptit Bölgesi	IC ₅₀ Değeri (µmol)	Kaynak
VPP	β-Kazein f(84-86)	9	(29)
IPP	β-Kazein f(74-76)	5	(29)
RYLGY	α _{s1} -Kazein f(90-94)	0.71	(30)
AYFYPEL	α _{s1} -Kazein f(143-149)	6.58	(30)
LHLPLP	β-Kazein f(133-138)	5.5	(31)
Captopril	Sentetik ACE-Inhibitörü	0.022	(32)
YLAHK	α-laktoalbumin f(104-108)	ND*	(33)
LQKW	β-laktoglobulin f(58-61)	3.5	(33)
LLF	β-laktoglobulin f(103-105)	82.4	(33)

*ND: Not Detected

SÜT PROTEİNİ KAYNAKLI ACE-İNİHİTÖR PEPTİTLERİ

Kazeinin hidrolizi ile açığa çıkan kazokininler ve serum proteinlerinden α-laktoalbumin ve β-laktoglobulinin hidrolizi sonucunda meydana gelen laktokininler ACE-inhibisyon aktivitesi gösterebilmektedir (Çizelge 2) (19, 27). Kazein hidrolizatlarının serum proteini hidrolizatlarına göre daha yüksek ACE inhibisyon aktivitesi gösterdiklerinin bilinmesine karşın, β-laktoglobülin'den açığa çıkan Ala-Leu-Pro-Met-His-Ile-Arg gibi serum proteini kaynaklı bazı peptitler de yüksek antihipertansif etki gösterebilmektedir (9). Hipertansif farelerle yapılan bir çalışmada, β-laktoglobülin'den izole edilen ve "β-laktosin B" f(142-145) olarak adlandırılan bir peptidin farelere oral yolla verildiğinde, önemli ölçüde antihipertansif aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (34).

ACE-inhibitör peptitlerinin inhibisyon aktiviteleri temelde spesifik C-terminali sekansı ile belirlenir. C-terminalinin inhibitör peptitlerin ACE'ye bağlanması için gerekli olan bölge olduğu (25) ve enzimin C-terminalinde hidrofobik aminoasit bulunan peptitleri substrat olarak tercih ettiği bildirilmektedir (36). Bundan dolayı, C-terminalinde Arg, Trp, Tyr, Phe, Lys veya Pro bulunan peptitler ACE'ye bağlanma ihtimali yüksek, inhibitör etkili

peptitlerdir (25, 37). Ayrıca, moleküler ağırlığın da ACE inhibisyon etkisinde önemli bir özellik olduğu ve genel olarak ACE-inhibitör peptitlerinin hidrofobik aminoasit içeren kısa zincirli, düşük molekül ağırlığına sahip peptitler olduğu bildirilmektedir (17).

Süt kaynaklı ACE-inhibitör peptitleri arasında VPP [β-CN f(84-86)] ve IPP [β-CN f(74-76)] en çok çalışılan peptitlerdir (25). Bu peptitler, FDA (Food and Drug Administration) tarafından GRAS (Generally Recognized As Safe) statüsüne alınmış ve gıdalarda tansiyon düşürücü fonksiyonel bileşen olarak kullanılmasına onay verilmiştir (38). Hipertansif hastalar üzerinde yapılan klinik çalışmalarda, VPP ve IPP peptitlerini içeren fermente sütün günlük 150 mL tüketilmesi sonucunda kan basıncında 1.5-10 mmHg arasında bir düşüş sağlandığı görülmüştür (39). Hafif hipertansiyonlu hastalarla yapılan bir başka çalışmada; 4 hafta boyunca günlük 95 mL VPP ve IPP içeren Calpis içeceği tüketen hastaların sistolik kan basıncında 9.4±3.6 mmHg düşüş olduğu gözlemlenmiştir (40).

Yapılan araştırmalarda, VPP ve IPP peptitlerinin Asya kökenli hastalarda kan basıncını Kafkas kökenli hastalara göre daha fazla düşürdüğü belirlenmiştir. Buna ek olarak, Danimarkalı ve

Çizelge 2. Süt proteinlerinden açığa çıkan ACE-inhibitör peptitleri

Peptit Bölgesi	Peptit Sekansı	Kan Basıncında Düşüş (mmHg)	Elde edilişi	Kaynak
β-CN f(74-76)	IPP	-28.3	<i>Lb. helveticus</i> ve <i>S. cerevisiae</i> ile fermantasyon	(29)
β-CN f(84-86)	VPP	-32.1	<i>Lb. helveticus</i> ve <i>S. cerevisiae</i> ile fermantasyon	(29)
β-CN f(133-138)	LHLPLP	-21.9	<i>E. faecalis</i> ile fermantasyon	(31)
β-CN f(133-139)	LHLPLPL	-7.7	<i>E. faecalis</i> ile fermantasyon	(31)
α _{s1} -CN f(90-94)	RYLGY	-25	Pepsin ile hidroliz	(30)
α _{s1} -CN f(143-149)	AYFYPEL	≈ -21	Pepsin ile hidroliz	(30)
β-Lg f(58-61)	LQKW	-18.1	Termolisin ile hidroliz	(35)
β-Lg f(103-105)	LLF	≈ -20	Termolisin ile hidroliz	(35)

CN: Kazein Lg:Laktoglobülin Lb:Lactobacillus E: Enterococcus S: Saccharomyces

Flemenk hastalarda VPP ve IPP içeren fermente süt tüketmeleri sonucu kan basıncında herhangi bir etki gözlemlenmediği tespit edilmiştir. Sonuçlar genetik özelliklerin ve beslenme davranışlarının VPP ve IPP peptitlerinin antihipertansif etkileri üzerinde önemli rolü olabileceğini göstermektedir (41, 42).

SÜT ÜRÜNLERİNDE ACE-İNHİBİTÖR PEPTİTLERİ

Süt proteinlerinden ACE-inhibitör aktivitesine sahip peptitlerin açığa çıkmasında enzimatik hidroliz en yaygın kullanılan metottür (43). Biyoaktif peptitlerin enzimatik yolla elde edilmesinde; tripsin, pepsin ve kimotripsin gibi pankreatik enzimler etkilidirler (7, 18, 37). Tripsin'in *in vitro* koşullarda en etkili pankreatik enzim olduğu bilinmekle birlikte, farklı IC50 değerine sahip ACE-inhibitör peptitlerinin, α -laktalbumin ve β -laktoglobülin fraksiyonlarının pepsin, tripsin, kimotripsin, pankreatin, elastaz ve karboksipeptidaz kombinasyonlarıyla hidrolizi sonucu da üretilebildiği bildirilmektedir (43).

Fermente süt ürünlerin üretiminde kullanılan proteolitik aktiviteye sahip çeşitli starter kültür bakterileri, biyoaktif peptitlerin oluşumunda önemli rol oynamaktadır (8, 18, 24, 43). Bu grubun büyük bir kısmını oluşturan laktik asit bakterileri doğada ve aynı zamanda insanın sindirim sisteminde bulunup, biyoaktif peptitlerin üretiminde etkilidirler (44). Yoğurt, kefir gibi fermente süt ürünlerinden açığa çıkan birçok ACE-inhibitör peptidi tanımlanmıştır (45-47).

Fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan *Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Str. thermophilus*, *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *cremoris*, *Lc. lactis* subsp. *diacetylactis* (37), *Lb. casei*, *Lb. plantarum*, *Lb. rhamnosus* ve *Lb. acidophilus*'un (15, 48) çeşitli suşlarının süt proteinlerinden ACE-inhibitör peptitlerin oluşumunu sağladığı bildirilmektedir (Çizelge 3). Bununla birlikte;

diğer laktik asit bakterileriyle karşılaştırıldığında *Lb. helveticus* yüksek proteolitik aktiviteye sahip olduğundan daha yüksek ACE-inhibitör aktiviteli ürün elde etmek için tercih edilen mikroorganizma olmaktadır (48).

Peynir, süt ürünleri arasında biyoaktif peptitlerce zengin bir kaynak olarak görülmektedir. Bu durum, peynirin olgunlaşması süresince gerçekleşen proteolitik aktiviteyle ilişkilendirilmektedir (8). Bununla birlikte, süte uygulanan ısıl işlem normu, kullanılan starter kültür, olgunlaşma süresi ve olgunlaşma koşulları peynirde bu peptitlerin konsantrasyonunu etkileyen temel faktörlerdir (51).

Peynirde biyoaktif peptit konsantrasyonunun peynirin olgunlaşma derecesine bağlı olduğu bildirilmektedir (7, 9). Yapılan çalışmalar, orta derecede olgunlaştırılmış peynirlerin en yüksek ACE-inhibitör aktivitesine sahip olduğunu göstermektedir (52). Orta derecede olgunlaştırılmış Gouda peynirinde ACE-inhibitör aktivitesinin, daha uzun süre olgunlaştırılmış Gouda peynirinin 2 katı olduğu belirlenmiştir (43).

Uzun süren olgunlaşma periyodunda oluşan peptitlerin yapısının bozulduğu ve ACE inhibityon aktivitesinin etkilendiği belirlenmiştir (53). Yapılan bir çalışmada 6 ay olgunlaştırılmış Parmesan peynirinden izole edilen α_{s1} -kazein kaynaklı antihipertansif peptidin, 15 ay olgunlaştırılmış Parmesan'da bulunmadığı görülmüştür (43).

ACE-inhibitör peptitlerin varlığına ilişkin yapılan bir başka çalışmada, çeşitli starter kültürlerle üretilen Manchego peynirinde ACE-inhibitör aktivitesinin, olgunlaşmanın ilk 4 ayında düşük olduğu, 8. ayda maksimum seviyeye geldiği ve olgunlaşma süresi 12 aya ulaştığında ise tekrar düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (49).

Sonuç olarak, peynirde biyoaktif peptit konsantrasyonu ve ACE-inhibitör etkisinin peynirin olgunlaşmasıyla artış gösterdiği (18), ancak;

Çizelge 3. Süt proteinlerinden ACE-inhibitör peptitlerini açığa çıkaran bazı mikroorganizmalar

Kullanılan Mikroorganizmalar	Öncül Protein	Peptit Sekansı	Kaynak
<i>Lb. helveticus</i> <i>S. cerevisiae</i> <i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> ve <i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>	β -CN, κ -CN	VPP, IPP	(29)
<i>Str. thermophilus</i> ve <i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	α_{s1} -CN, β -CN	VRGPFPP, VVAPFPE, VPSERYL	(49)
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> CRL 581 <i>Kluyveromyces marxianus</i> Z17	β -Lg	ALPMHIR, IDALNENK, IIVTQTMK	(50)
	β -CN	IPP, LGPVRGPFPP, QEPVLPVRGPFPP	(23)
	α_{s1} -CN, κ -CN	LRFF, VLSRYP	(28)

Lb.:Lactobacillus *S.*:Saccharomyces *Lc.*:Lactococcus *Leu.*:Leuconostoc *Str.*:Streptococcus

Çizelge 4. Bazı peynir çeşitlerinden tanımlanan ACE-inhibitör peptitleri

Peynir Çeşidi	Peptit İçeriği	Kaynak
Manchego	VRYL, KKYNVPQL, IPL	(54)
Tilsit	VPP, IPP	(51)
Emmental	VPP, IPP	(51)
Gorgonzola	VPP, IPP, AYFYPEL, LHLPLP	(25)
Cheddar	VPP, IPP, RYLGY, AYFYPEL, RPKHPI	(25, 55)
Gouda	RPKHPIKHQ, YPFPGPIPN	(41)

proteoliz belirli bir seviyeyi geçtikten sonra aktif peptit kısımlarının yapısının bozularak inaktif forma dönüşmesi sonucunda azalmaya başladığı bildirilmektedir (7).

Peynirin olgunlaşması sırasında probiyotik starter kültürlerin de ACE-inhibitör aktivitesini arttırdığı görülmüştür (19). Yapılan çalışmalarda probiyotik kültür (*Lb. casei* 279 ve *Lb. casei* LAFTI® L26) ilavesinin 4°C'de olgunlaşan peynirin ACE-inhibitör aktivitesini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir (55). Çizelge 4'te bazı peynir çeşitlerinden izole edilen ACE-inhibitör peptitleri verilmiştir.

ACE-İNİHİBİTÖR PEPTİTLERİNİN

BİYOYARARLILIĞI

Mide-bağırsak sindirimi, biyoaktif peptitlerin bozulmasına ya da inaktif öncüllerinden aktif kısımların oluşumuna yol açabilir (25). Peptidaz aktivitesine karşı direnç, ACE-inhibitör peptitlerin oral yolla alımı sırasında antihipertansif etki gösterebilmesi için bir ön şart olarak görülmektedir (27, 36). Bu peptitlerin oral yolla alımından sonra antihipertansif etki gösterebilmesi için aktif peptitlerin bağırsaktan yapısı bozulmamış şekilde emilmesi gerekmekte ve hedef bölgelere ulaşabilmesi için plazma peptidazlarına karşı direnç göstermesi beklenmektedir (2, 18).

Yapılan çalışmalarda ACE-inhibitör peptit aktivitesinin mide-bağırsak sindiriminden ciddi bir şekilde etkilenmediği görülmüştür (54). Hipertansif farelerle yapılan bir çalışmada, VPP ve IPP peptitlerini içeren fermente sütün fareler tarafından oral yolla alındıktan sonra karın ana atardamarlarında bu peptitlerin belirlenmiş olması bu durumu desteklemektedir (56).

Yapılan bir başka çalışmada, ACE-inhibitör aktivitesine sahip ticari fermente süt ve peynir örneklerinin, pepsin ve korolaz PP enzimleri ile mide-bağırsak sindiriminden sonra ACE-inhibitör aktivitesinin stabil kaldığı ya da arttığı görülmüştür (57).

Birçok ACE-inhibitör peptidinin *in vitro* koşullarda aktivite göstermesine rağmen bazılarının oral yolla alındıktan sonra aynı aktiviteyi göstermediği bilinmektedir (24). Örneğin; α_{s1} -kazeinden açığa çıkan peptit f (23-27) *in vitro* ortamda etkili bir ACE-inhibitörü iken, *in vivo* koşullarda antihipertansif etki göstermemektedir (36).

SONUÇ

Süt proteinleri kaynaklı ACE-inhibitör peptitlerin bilimsel açıdan geniş çaplı bir ilgi alanı oluşturduğu bilinmektedir. Bu peptitlerin antihipertansif etkileri, insanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan birçok çalışmayla incelenmiştir. Ancak, bu alanda hala keşfedilmeyi bekleyen birçok nokta bulunmaktadır. Antihipertansif peptitlerin, sağlık üzerindeki pozitif etkilerinden dolayı yakın gelecekte birçok fonksiyonel gıdanın temel ham maddelerinden biri haline geleceği öngörülmektedir. Bunun yanında, bu peptitlerin hipertansiyon tedavisinde ilaçlar kadar etkili olmadığı bilindiğinden, antihipertansif peptitler genellikle günlük diyetle bulunması gerekli fonksiyonel bileşenler olarak kabul edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Dominguez-Gonzalez KN, Cruz-Guerrero A, Gonzalez-Marquez H, Gomez-Ruiz L, Garcia-Garibay M, Jimenez-Guzman J, Rodriguez-Serrano G. 2014. Antihypertensive and antithrombotic activities of a commercial fermented milk product made with *Lactobacillus casei shirota* and *Streptococcus thermophilus*. *Int J Dairy Technol*, 67: 358-364.
2. Bernabucci U, Catalani E, Basirico L, Morera P, Nardone A. 2014. In vitro ACE-inhibitory activity and *in vivo* antihypertensive effects of water-soluble extract by Parmigiano Reggiano and Grana Padano cheeses. *Int Dairy J*, 37: 16-19.

3. Petrat-Melin B, Andersen P, Rasmussen JT, Poulsen N, Larsen LB, Young, JF. 2015. *In vitro* digestion of purified β -casein variants A¹, A², B and I: effects on antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory capacity. *J Dairy Sci*, 98: 15-26.
4. Otte J, Lenhard T, Flambard B, Sorensen KI. 2011. Influence of fermentation temperature and autolysis on ACE-inhibitory activity and peptide profiles of milk fermented by selected strains of *Lactobacillus helveticus* and *Lactococcus lactis*. *Int Dairy J*, 21: 229-238.
5. Espejo-Carpio F, De Gobba C, Guadix A, Guadix, EM. 2013. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of enzymatic hydrolysates of goat milk protein fractions. *Int Dairy J*, 38: 37-46.
6. Phelan M, Khaldi N, Shields DC, Kerins DM. 2014. Angiotensin converting enzyme nitric oxide inhibitory activities of novel milk derived peptides. *Int Dairy J*, 35: 38-42.
7. Haque E, Chand R, Kapila S. 2009. Biofunctional properties of bioactive peptides of milk origin. *Food Rev Int*, 25: 28-43.
8. Sanchez-Rivera L, Martinez-Maqueda D, Cruz-Huerta E, Miralles B, Recio I. 2014. Peptidomics for discovery, bioavailability and monitoring of dairy bioactive peptides. *Food Res Int*, 63: 170-181.
9. Korhonen H. 2009. Milk-derived bioactive peptides: From science to applications, *J Funct Foods*, 1(2): 177-187.
10. Elfahri KR, Donkor ON, Vasiljevic T. 2014. Potential of novel *Lactobacillus helveticus* strains and their cell wall bound proteases to release physiologically active peptides from milk proteins. *Int Dairy J*, 38: 37-46.
11. Gonzalez-Gonzalez CR, Tuohy KM, Jauregi P. 2011. Production of angiotensin-I converting enzyme (ACE) inhibitory activity in milk fermented with probiotic strains: effects of calcium, pH and peptides on the ACE-inhibitory activity. *Int Dairy J*, 21: 615-622.
12. Pan D, Cao J, Guo H, Zhao B. 2012. Studies on purification and the mechanism of a novel ACE inhibitory peptide from whey protein hydrolysate. *Food Chem*, 130: 121-126.
13. Ruiz-Gimenez P, Salom JB, Marcos JF, Valles S, Martinez-Maqueda D, Recio I, Torregrosa G, Alborch, E, Manzanares P. 2012. Antihypertensive effect of a bovine lactoferrin pepsin hydrolysate: identification of novel active peptides. *Food Chem*, 131: 266-273.
14. Hafeez Z, Cakir-Kiefer C, Roux E, Perrin C, Miclo L, Dary-Mouro A. 2014. Strategies of producing bioactive peptides from milk proteins to functionalize fermented milk products. *Food Res Int*, 63: 71-80.
15. Rasika DMD, Ueda T, Jayakody LN, Suriyagoda LDB, Silva KFST, Ando S, Vidanarachchi JK. 2015. ACE-inhibitory activity of milk fermented with *Saccharomyces cerevisiae* K7 and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* NBRC 12007. *J Natl Sci Found*, 43(2): 141-151.
16. Shu G, Yang H, Chen H, Zhang Q, Tian Y. 2015. Effect of incubation time, inoculum size, temperature, pasteurization time, goat milk powder and whey powder on ACE inhibitory activity in fermented milk by *L. Plantarum* LP69. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 14(2): 107-116.
17. Hayes M, Tiwari BK. 2015. Bioactive carbohydrates and peptides in foods: an overview of sources, downstream processing steps and associated bioactivities. *Int J Mol Sci*, 16: 22485-22508.
18. Korhonen H, Pihlanto-Leppälä A. 2006. Bioactive peptides: Production and functionality. *Int Dairy J*, 16: 945-960.
19. Beermann C, Hartung J. 2013. Physiological properties of milk ingredients released by fermentation. *Food Funct*, 4: 185-199.
20. Marques C, Amorim MM, Pereira JO, Pintado ME, Moura D, Calhau C, Pinheiro H. 2012. Bioactive peptides-are there more antihypertensive mechanisms beyond ACE inhibitor. *Curr Pharm Des*, 18: 4706-4713.
21. Majumder K, Wu J. 2015. Molecular targets of antihypertensive peptides: understanding the mechanisms of action based on the pathophysiology of hypertension. *Int J Mol Sci*, 16: 256-283.
22. Udenigwe CC, Aluko RE. 2012. Food protein-derived bioactive peptides: production, processing and potential health benefits. *J Food Sci*, 71(1): 11-24.

23. Villegas JM, Picariello G, Mamone G, Turbay MBE, De Giori GS, Hebert, EM. 2014. Milk-derived angiotensin-I-converting enzyme-inhibitory peptides generated by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* CRL 581. *Peptidomics*, 1: 22-29.
24. Saleh AS, M Zhang Q, Shen Q. 2014. Recent research in antihypertensive activity of food protein-derived hydrolyzates and peptides. *Crit Rev Food Sci Nutr*; DOI: 10.1080/10408398.2012.724478
25. Stuknyté M, Cattaneo S, Masotti F, De Noni I. 2015. Occurrence and fate of ACE-inhibitor peptides in cheeses and in their digestates following *in vitro* static gastrointestinal digestion. *Food Chem*, 168: 27-33.
26. Hsieh CC, Hernández-Ledesma B, Fernandez-Tome S, Weinborn V, Barile D, de Moura Bell JM LN. 2015. Milk proteins, peptides, and oligosaccharides: effects against the 21st century disorders. *Biomed Res Int*, Article ID: 146840, 1-16.
27. Bhat ZF, Kumar S, Bhat HF. 2015. Antihypertensive peptides of animal origin: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*; DOI:10.1080/10408398.2014.898241.
28. Li Y, Sadiq FA, Liu T, Chen J, He G. 2015. Purification and identification of novel peptides with inhibitory effect against angiotensin I-converting enzyme and optimization of process conditions in milk fermented with the yeast *Kluyveromyces marxianus*. *J Funct Foods*, 16: 278-288.
29. Nakamura Y, Yamamoto N, Sakai K, Takano T. 1995. Antihypertensive effect of sour milk and peptides isolated from it that are inhibitors to angiotensin I-converting enzyme. *J Dairy Sci*, 78(6): 1253-1257.
30. Contreras M, Carron R, Montero MJ, Ramos M, Recio I. 2009. Novel casein-derived peptides with antihypertensive activity. *Int Dairy J*, 19: 566-573.
31. Quirós A, Ramos M, Muguera B, Delgado MA, Miguel M, Aleixandre A, Recio I. 2007. Identification of novel antihypertensive peptides in milk fermented with *Enterococcus faecalis*. *Int Dairy J*, 17: 33-41.
32. Aleixandre A, Miquel M. 2012. Food peptides as antihypertensive agents. In: *Bioactive Food Proteins and Peptides Applications in Human Health*, Hettiarachchy NS (chief ed), CRC Press, USA, pp. 131-181.
33. El-Salam MH, El-Shibiny S. 2013. Bioactive peptides of buffalo, camel, goat, sheep, mare, and yak milks and milk products. *Food Rev Int*, 29: 1-23.
34. Murakami M, Tonouchi H, Takahashi R, Kitazawa H, Kawai Y, Negishi H, Saito T. 2004. Structural analysis of a new anti-hypertensive peptide (β -lactosin B) isolated from a commercial whey product. *J Dairy Sci*, 87: 1967-1974.
35. Hernández-Ledesma B, Miguel M, Amigo L, Aleixandre MA, Recio I. 2007. Effect of simulated gastrointestinal digestion on the antihypertensive properties of synthetic β -laktoglobulin peptide sequences. *J Dairy Res*, 74: 336-339.
36. Fitz-Gerald RJ, Meisel H. 2000. Milk protein-derived peptide inhibitors of angiotensin-I-converting enzyme. *Br J Nutr*, 84(1): 33-37.
37. Hernández-Ledesma B, del Mar Contreras M, Recio I. 2011. Antihypertensive peptides: production, bioavailability and incorporation into foods. *Adv Coll Interfac*, 165: 23-35.
38. Jing P, Qian B, He Y, Zhao X, Zhang J, Zhao D, Lv Y, Deng Y. 2014. Screening milk-derived antihypertensive peptides using quantitative structure activity relationship (QSAR) modelling and *in vitro/in vivo* studies on their bioactivity. *Int Dairy J*, 35: 95-101.
39. Seppo L, Jauhiainen T, Poussa T, Korpela R. 2003. A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects. *Am J Clin Nutr*, 77: 326-330.
40. Hata Y, Yamamoto M, Ohni M, Nakajima K, Nakamura Y, Takano T. 1996. A placebo-controlled study of the effect of sour milk on blood pressure in hypertensive subjects. *Am J Clin Nutr*, 64: 767-771.
41. Pihlanto A. 2013. Lactic fermentation and bioactive peptides. In: *Lactic Acid Bacteria - R & D for Food, Health and Livestock Purposes*. Marcelino K (ed), InTech, pp 310-332.
42. Hernández-Ledesma B, Garcia-Nebot MJ, Fernandez-Tome S, Amigo L, Recio I. 2014. Dairy protein hydrolysates: peptides for health benefits. *Int Dairy J*, 38: 82-100.
43. Choi J, Sabikhi L, Hassan A, Anand S. 2012. Bioactive peptides in dairy products. *Int J Dairy Technol*, 65(1): 1-12.

44. Singh BP, Vij S, Hati S. 2014. Functional significance of bioactive peptides derived from soybean. *Peptides*, 54: 171-179.
45. Rodriguez-Figueroa JC, Gonzalez-Cordova AF, Torres-Llanez MJ, Garcia HS, Vallejo-Cordoba B. 2012. Novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides produced in fermented milk by specific wild *Lactococcus lactis* strains. *J Dairy Sci*, 95(10): 5536-5543.
46. Unal G, Akalin AS. 2012. Antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of yoghurt fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Dairy Sci. & Technol*, DOI 10.1007/s13594-012-0082-5.
47. Moslehishad M, Ehsani MR, Salami M, Mirdamadi S, Ezzatpanah H, Nasiaji AN, Moosavi-Movahedi AA. 2013. The comparative assessment of ACE-inhibitory and antioxidant activities of peptide fractions obtained from fermented camel and bovine milk by *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637. *Int Dairy J*, 29: 82-87.
48. Nielsen MS, Martinussen T, Flambard B, Sørensen KI, Otte J. 2009. Peptide profiles and angiotensin-I-converting enzyme inhibitory activity of fermented milk products: Effect of bacterial strain, fermentation pH, and storage time, *Int Dairy J*, 19: 155-165.
49. Gomez-Ruiz JA, Ramos M, Recio I. 2002. Angiotensin-converting enzyme-inhibitory peptides in Manchego cheeses manufactured with different starter cultures. *Int Dairy J*, 12: 697-706.
50. Chobert JM, El-Zahar K, Sitohy M, Dalgalarondo M, Métro F, Choiset Y, Haertlé T. 2005. Angiotensin I-converting-enzyme (ACE) inhibitory activity of tryptic peptides of ovine β -lactoglobulin and of milk yoghurts obtained by using different starters. *Dairy Sci. & Technol* 85(3): 141-152.
51. Bütikofer U, Meyer J, Sieber R, Walther B, Wechsler D. 2008. Occurrence of the angiotensin-converting enzyme-inhibiting tripeptides val-pro-pro and ile-pro-pro in different cheese varieties of swiss origin. *J Dairy Sci*, 91(1): 29-38.
52. Sieber R, Bütikofer U, Egger C, Portmann R, Walther B, Wechsler D. 2010. ACE-inhibitory activity and ACE-inhibiting peptides in different cheese varieties. *Dairy Sci. & Technol*, 90: 47-73.
53. Iwaniak A, Minkiewicz P, Darewicz M. 2014. Food-originating ACE inhibitors, including antihypertensive peptides, as preventive food components in blood pressure reduction. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 13: 114-134.
54. Gomez-Ruiz JÁ, Ramos M, Recio I. 2004. Angiotensin converting enzyme-inhibitory activity of peptides isolated from manchego cheese. Stability under simulated gastrointestinal digestion. *Int Dairy J*, 14: 1075-1080.
55. Ong L, Henriksson A, Shah NP. 2007. Angiotensin converting enzyme-inhibitory activity in Cheddar cheeses made with the addition of probiotic *Lactobacillus casei* subsp. *Dairy Sci. & Technol*, 87: 149-165.
56. Masuda O, Nakamura Y, Takano T. 1996. Antihypertensive peptides are present in aorta after oral administration of sour milk containing these peptides to spontaneously hypertensive rats. *J Nutrit*, 126: 3063-3068.
57. Hernández-Ledesma B, Amigo L, Ramos M, Recio I. 2004. Angiotensin converting enzyme inhibitory activity in commercial fermented products. Formation of peptides under simulated gastrointestinal digestion. *J Agric Food Chem*, 52(6): 1504-1510.

MİKROBİYEL YOLLA ÜRETİLEN LEVANSÜKRAZLAR VE SENTEZLEDİĞİ BİYOPOLİMERLER

Özlem Erdal, Filiz Döner, Burcu Kaplan Türköz, Yekta Göksungur*

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

Geliş tarihi / Received: 13.02.2016
Kabul tarihi / Accepted: 22.02.2016

Özet

Levansükrazlar (E.C.2. 4. 1. 10), GH68 glikozit hidrolaz enzim ailesine ait olup sakkarozu substrat olarak kullanarak levan ve fruktooligosakkaritlerin (FOS) oluşumunu katalizleyen fruktoziltransferaz grubu enzimlerdir. *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans* ve *Zymomonas mobilis* gibi birçok mikroorganizma tarafından üretilmektedir. Levan biyopolimeri ve FOS'ların oluşumunu katalizleyen levansükraz enziminin önemi giderek artmaktadır ve bu enzimin endüstriyel üretimi genellikle farklı mikroorganizmalar kullanılarak mikrobiyal biyoprosesler ile gerçekleştirilmektedir. Levansükraz enzimi, sentezlediği fruktoz polimerleri ve bu polimerlerin farklı fonksiyonel özellikleri sayesinde gıda, kozmetik, tıp, biyomedikal ve nanoteknoloji gibi birçok endüstriyel kullanım alanına sahiptir. Bu çalışmada levansükraz enziminin mikrobiyel üretimi, saflaştırma stratejisi ve bu enzim tarafından sentezlenen biyopolimerler ve özellikleri anlatılmıştır.

Anahtar kelimeler: Levansükraz, levan, fruktooligosakkarit, prebiyotik, biyopolimer

MICROBIAL PRODUCTION OF LEVANSUCRASE AND SYNTHESIZED BIOPOLYMERS

Abstract

Levansucrases (E.C.2. 4. 1. 10) are fructosyltransferase (Ftase) which belong to GH68 glycoside hydrolase enzyme family and catalyze the formation of levan and fructooligosaccharides (FOS) by using sucrose as substrate. Levansucrases are produced by several microorganisms including *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans* and *Zymomonas mobilis*. The importance of levansucrase enzyme which catalyzes the formation of levan biopolymer and fructooligosaccharides is increasing day by day and the industrial production of this enzyme is usually performed through microbial bioprocesses using different microorganisms. The fructan polymers levan and FOS catalyzed by levansucrases have several industrial applications in food, cosmetic, medicine biomedical and nanotechnology. In this review, the functional properties of levansucrases, their microbial production, purification strategy and biopolymers synthesized by levansucrases was summarized.

Keywords: Levansucrase, levan, fructooligosaccharides, prebiotic, biopolymers

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ yekta.goksungur@ege.edu.tr,

☎ (+90) 232 311 3027,

☎ (+90) 3232 342 7592

GİRİŞ

Levansükrazlar, sakkaroz molekülünü parçalaması ve açığa çıkan fruktoz gruplarının başka bir sakkaroz eklenmesiyle fruktan polimerlerinin oluşumunu katalizleyen enzimlerdir (1). Levansükrazlar hem transfruktosilasyon, hem de hidroliz aktivitesi göstermektedir (2). Transfruktosilasyon aktivitesi ile sakkarozda bulunan $\beta(2\rightarrow1)$ bağları parçalanarak sakkaroz ve serbest glukoz gibi alıcı moleküllere fruktosil gruplarının transferi gerçekleşmektedir. Bu aktivitesi sayesinde levan ve fruktooligosakkaritlerin (FOS) oluşumu katalizlenmektedir (3). Enzimin hidroliz aktivitesi ise sakkarozdaki $\alpha(2\rightarrow1)$ bağlarını parçalayarak serbest fruktozların oluşumunu gerçekleştirmektedir. Oluşan serbest haldeki fruktozlar farklı levan oligomerlerini meydana getirmektedir (4).

Bakteriler tarafından üretilen levansükrazlar yüksek sakkaroz konsantrasyonunda levan ve/veya FOS'ların sentezlemesini sağlamaktadır (5, 6).

Levan, tekrarlayan fruktoz ünitelerinden oluşan hücre dışı bir β -fruktandır ve fruktoz ünitelerinin $\beta(2\rightarrow6)$ glikozit bağları ile bağlanmasından oluşmaktadır (7). Zincirin başında sakkaroz molekülünden gelen D-glukoz molekülü, dallanma noktalarında ise $\beta(2\rightarrow1)$ bağları bulunmaktadır (8). Mikrobiyel levansükrazlar molekül ağırlıkları büyük uzun zincirli polimerlerdir (48). Levan, $\beta(2\rightarrow6)$ bağları sayesinde hem suda hem de yağda çözünabilir özellik göstermektedir. Hem hidrofobik hem hidrofilik karaktere sahip olması, levanın sulu çözeltilerinde nano boyutta parçacıklar halinde bulunmasını sağlamaktadır (9). Levan; yapışkan bir özellik göstermesi, biyofilm oluşturması, düşük vizkoziteye sahip olması, yüksek su tutma kapasitesi, toksik ve mutajenik etki göstermemesi, iltihap önleyici etkisi, kandaki lipit düzeyini düşürmesi, AIDS ve tümör engelleyici özellikleri ile son yıllarda birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu özellikleri sayesinde levan gıda, biyomedikal, tıp, kozmetik, kimya ve nanoteknoloji gibi pek çok farklı alanda kullanılmaktadır (10, 11). Levanın molekül ağırlığı ve dallanma derecesi hem levanı üreten mikroorganizmaya, hem de fermantasyon şartlarına göre farklılık göstermektedir ve molekül ağırlığındaki farklılıklar levanın fonksiyonel özelliklerinde etkili olup, farklı uygulamalarda kullanılmasını sağlamaktadır (12).

Wu ve ark. (2013) tarafından *Bacillus subtilis* natto ile gerçekleştirilen çalışmada kesikli ve kesikli-beslemeli sistemlerde levan polimeri üretilmiş ve levanın molekül ağırlığına etki eden faktörler araştırılmıştır. Üretilen levanın molekül ağırlığının başlangıç sakkaroz konsantrasyonundan önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir (12).

İnulin tipi FOS'lar başlangıç D-glukoz molekülüne fruktoz ünitelerinin $\beta(2\rightarrow1)$ bağları ile bağlanması sonucu oluşmaktadır ve FOS'ların polimerizasyon derecesi 2-9 arasında değişmektedir (13). Mikrobiyel levansükrazlar tarafından sentezlenen FOS'lar ise hem inulin, hem de levan tipi bağlar içermektedir. Zincirde bulunan fruktoz molekülünün sayısına bağlı olarak kestoz (1-kestoz, 6-kestoz), nistoz ve fruktofuranozilnistoz gibi farklı fruktooligosakkarit çeşitleri sentezlenmektedir (4).

FOS'lar üst sindirim sisteminde sindirilememeleri, *Bifidobacteria* ve *Lactobacillus* türleri tarafından kullanılabilmesi sayesinde prebiyotik özellik göstermektedir. Ayrıca FOS'ların zararlı mikroorganizmaların gelişimini engelleyici etki gösterdiği belirtilmiştir (13, 14). Bu özelliklere ek olarak FOS'ların diyet lifi ve düşük kalorili tatlandırıcı özelliğe sahip olmaları gıda endüstrisinde fonksiyonel kullanımını arttırmaktadır (14).

Mikrobiyel Levansükraz Üretimi

Levansükraz üretimi, genellikle sıvı kültür fermantasyon ve endüstriyel atıklar değerlendirilerek katı kültür fermantasyon ile gerçekleştirilmektedir (3, 19, 32, 33).

Çizelge 1'de görüldüğü gibi levansükrazlar birçok mikroorganizma tarafından üretilmektedir.

Farklı fermantasyon koşullarının levansükraz enzim üretimine etkisi çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir (3, 19, 31-33). Cote (1988), tarafından *Erwinia herbicola* ile gerçekleştirilen çalışmada sakkaroz, glukoz, fruktoz, sorbitol ve mannitol gibi çeşitli karbon kaynaklarının levansükraz üretimine etkisini incelenmiş ve fruktozun hücre gelişimini yavaşlatarak enzim üretimini azalttığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, karbon kaynağı olarak glukoz kullanıldığında ise maksimum enzim üretimi elde edilmiştir (30).

Başka bir çalışmada termofilik *Bacillus* sp. ile levansükraz üretiminde karbon kaynağı olarak glukoz ve fruktoz kullanıldığında düşük verimde enzim üretimi gerçekleşirken, sakkaroz

Çizelge 1. Levansükraz üreten mikroorganizmalar

Mikroorganizma	Kaynak
<i>Aerobacter levanicum</i>	(16)
<i>Actinomyces viscosus</i>	(17)
<i>Bacillus subtilis</i>	(18)
<i>Bacillus megaterium</i>	(19)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	(20)
<i>Bacillus methylotrophicus</i> SK 21.002	(21)
<i>Bacillus licheniformis</i> RN – 01	(22)
<i>Erwinia amylovora</i>	(23)
<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	(24)
<i>Geobacillus stearothermophilus</i> ATCC 7953	(25)
<i>Lactobacillus reuteri</i> 121	(26)
<i>Lactobacillus panis</i> TMW 1.648	(27)
<i>Pseudomonas syringae</i>	(2)
<i>Pseudomonas chlororaphis</i> sp.aurantiaca	(2)
<i>Pantoea agglomerans</i> (= <i>Erwinia herbicola</i>)	(28)
<i>Rahnella aquatilis</i>	(49)
<i>Streptococcus mutans</i>	(34)
<i>Zymomonas mobilis</i>	(29)

kullanıldığında ise sakkarozun hücre gelişimini destekleyici etkisinin enzim üretimini arttırdığı belirlenmiştir (3). Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi karbon kaynağı levansükraz üretiminde önemli bir etkiye sahip olup kullanılan mikroorganizmaya bağlı olarak etki mekanizması değişmektedir. *Bacillus amyloliquefaciens* ile sakkaroz konsantrasyonu enzim üretimini artırıcı etki gösterirken, *Bacillus subtilis* NRC 33a levansükrazın hem sakkaroz hem de glukoz ile üretildiği gösterilmiştir (1).

Aynı zamanda levansükraz üretiminde azot kaynağı da önemli bir rol oynamaktadır. Farklı azot kaynaklarının (mısır ıslatma suyu, pepton, maya özütü, ekmekek mayası ve buğday kepeği) *Bacillus subtilis* NRC 33a levansükraz üretimine etkisi incelenmiş ve ekmekek mayası içeren fermantasyon ortamında en yüksek levansükraz aktivitesi elde edilmiştir (31). Başka bir çalışmada ise *Bacillus* sp. levansükraz üretiminde en uygun azot kaynağı maya özütü olarak belirlenmiştir (3).

Sıcaklık ve metal iyonları gibi diğer faktörler de levansükraz üretimini üzerine etkilidir. *Bacillus subtilis* NRC 33a levansükraz üretimi için optimum sıcaklık değeri 30 °C ve uygun metal iyonu Mg⁺² olarak belirlenmiştir (31). Termofilik *Bacillus* sp. için ise maksimum enzim üretiminin 50 °C ve 50 mM Fe⁺² varlığında gerçekleştiği gösterilmiştir (3).

Ahmed (2008), tarafından *Bacillus megaterium* ile gerçekleştirilen çalışmada çeşitli gıda ve tarımsal atıklar (portakal kabukları, muz kabukları, limon atıkları, talaş ve buğday kepeği) kullanılarak

yüksek verim sağlayan katı kültür fermantasyon ile levansükraz üretimi optimize edilmiştir. Başlangıç pH değeri 6.0 olan nemli talaş ortamında 30 °C statik koşullarda 72 saat inkübasyon sonrasında üretilen enzimin maksimum aktiviteye (140.54 U/g) sahip olduğu belirtilmiştir (32).

Levansükrazın katı kültür fermantasyon ile üretildiği başka bir çalışmada ise Cevap Yüzey Yöntemi kullanılarak enzim aktivitesi optimize edilmiştir. Nişasta içeren fermantasyon ortamında maksimum enzim aktivitesi 170 U/g olarak belirlenmiştir (33).

Levansükraz üretimi üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen matematiksel yöntemlerle üretiminin optimize edildiği az sayıda çalışma bulunmaktadır (34). *Bacillus subtilis* natto CCT7712 ile substrat konsantrasyonu, pH ve karıştırma hızının enzim üretimi ve levan oluşumuna etkisi incelenmiş ve bu parametrelerin optimizasyonu Cevap Yüzey Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 300 g/L sakkaroz içeren üretim ortamında (pH 7.5), 160 rpm karıştırma hızında en yüksek levansükraz aktivitesi (8.53 U/ml) ve levan üretimi elde edilmiştir. Ayrıca, *Bacillus subtilis* natto CCT7712 levansükraz enziminin 50 °C'de 10 gün boyunca stabilitesini koruduğu ve aktif olduğu belirlenmiş, birçok endüstriyel uygulama için kullanılabilir olduğu belirtilmiştir (34).

Levansükrazlar, farklı sıcaklıklarda transfruktosilasyon ve hidroliz aktivitesi göstermektedir, genellikle düşük sıcaklıklarda transfruktosilasyonu tercih etmektedir. *Bacillus amyloliquefaciens* tarafından hücre dışı olarak üretilen levansükraz için optimum transfruktosilasyon aktivitesi 40 °C'de, optimum hidroliz aktivitesi ise 50 °C'de gözlemlenmiştir (20).

Mikrobiyel levansükrazlar genel olarak 50 °C'den daha düşük sıcaklıklarda levan üretmektedir ve üretilen levanın molekül ağırlığı fermantasyon sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir (22). *Bacillus licheniformis* RN-01 levansükraz tarafından yüksek sıcaklıkta (50 °C) üretilen levan, 612 kDa gibi yüksek molekül ağırlığına sahip iken düşük sıcaklık değerlerinde (30 °C) 11 kDa gibi düşük molekül ağırlığına sahip olduğu belirtilmiştir (22).

Saflaştırma ve Karakterizasyon Stratejisi

Farklı mikroorganizmalar kullanılarak üretilen hücre içi ve hücre dışı levansükrazların saflaştırılmasına yönelik literatürde birçok çalışma bulunmaktadır

(20, 22, 23). Üretilen bu enzimin kullanım amacına ve mikroorganizmalar tarafından üretim şekline bağlı olarak saflaştırma yöntemleri de değişmektedir (20, 22, 23). Çizelge 2'de mikrobiyel yolla üretilen levansükrazların saflaştırma stratejileri yer almaktadır. Bu çalışmaların bazılarında levansükraz *E. coli*den rekombinant olarak üretilmiş ve *E. coli*den üretilen levansükrazlar füzyon partnerine uygun affinite kromatografi yöntemi ile saflaştırılmıştır (23). Hücre dışına salgılanan levansükrazlar santrifüj uygulaması ile fermantasyon ortamından ayrılırken, hücre içi levansükrazlar için sonikasyon gibi hücre parçalama yöntemleri uygulanarak mikroorganizmaların hücre zarı/duvarı parçalanıp enzimin elde edildiği belirtilmiştir (22, 23). Çalışmalarda genel olarak $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gibi tuzlar kullanılarak istenilen enzim çökelti halinde elde edilmiş ve çökteltideki tuzların uzaklaştırılması amacıyla diyaliz işlemi uygulanmıştır (22, 25). Yüksek saflıkta levansükraz elde etmek için farklı kromatografik yöntemler uygulanmıştır (23, 27, 36). Çizelge 2'de görüldüğü gibi mikrobiyel yolla

üretilen levansükrazlar saflaştırıldıktan sonra hem ürettiği biyopolimerlerin hem de saflaştırılan enzimin özelliklerinin belirlenmesi amacı ile karakterize edilmiştir (20, 36). Tian ve ark. (2011), tarafından *Bacillus amyloliquefaciens* ile gerçekleştirilen çalışmada hücre içi ve hücre dışı formda üretilen levansükraz saflaştırılmış ve sıcaklığın enzim aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Levansükraz transfruktosilasyon aktivitesi dakikada 1 μmol glukozun açığa çıkması için gerekli olan enzim miktarı olarak tanımlanmıştır. Hücre içi levansükrazın transfruktosilasyon aktivitesi için optimum sıcaklık 25-30 °C iken, hücre dışı enzim için 40 °C olarak belirlenmiştir. Ayrıca hücre içi ve hücre dışı levansükrazın substrat afinitelerinin de farklı olduğu belirtilmiş ve transfruktosilasyon aktivitesi için Michealis Katsayısı (K_M) değerleri sırasıyla 322.5 mM ve 1556.4 mM olarak bulunmuştur (20).

Goldman ve ark. (2008), tarafından yapılan çalışmada *Zymomonas mobilis* levansükrazın

Çizelge 2. Levansükraz enziminin saflaştırma ve karakterizasyon stratejisi

Saflaştırma ve Karakterizasyon Stratejisi	Saflaştırılan Enzimin Özellikleri	Kaynak
Hücre dışı <i>Bacillus licheniformis</i> RN-01 Levansükraz Santrifüj, İyon Değişim Kromatografisi - Amonyum Sülfat Presipitasyonu- Diyaliz- İyon Değişim Kromatografisi- SDS-Page	Opt. Sıcaklık: 50 °C Opt pH: 6.0 Molekül ağırlığı: 52 kDa	(22)
Hücre içi <i>Geobacillus stearothermophilus</i> Rekombinant Levansükraz Ultrasonikasyon, Diyaliz, Amonyum Sülfat Presipitasyonu, Jel Filtrasyon Kromatografisi, İyon Değişim Kromatografisi,	Opt. Sıcaklık: 57 °C Opt. pH: 6.75 K_m^a : 269 (\pm 9.7) mM V_{max} : 58.48 (\pm 4.92) $\mu\text{mol}/\text{mg}$	(25)
Hücre içi Rekombinant <i>Lactobacillus reuteri</i> Rekombinant Levansükraz Ultrasonikasyon, Nikel Afinitite Saflaştırma, İyon Değişim Kromatografisi, SDS-page	Opt.Sıcaklık: 50 °C Opt: pH 5 Moleküler ağırlık: 87.6 kDa K_m^b : 21 mM	(35)
Hücre içi <i>Lactobacillus panis</i> TMW 1.648 Rekombinat Levansükraz Ultrasonikasyon, Nikel Afinitite Saflaştırma, SDS-page	Opt. Sıcaklık: 45 °C ve 50 °C K_m^b : 29.9 mM V_{max} : 69.9 $\mu\text{mol}/\text{mg}\cdot\text{min}$	(27)
Hücre içi ve Hücre dışı <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Levansükraz Santrifüj, Ultrasonikasyon, Ultrafiltrasyon, SDS-Page	Hücre içi Levansükraz Opt. Sıcaklık: 25 °C ve 30 °C K_m^a =322.5 V_{max} =31.5 Hücre dışı Levansükraz Opt. Sıcaklık: 40 °C K_m^a = 1556.4 V_{max} =11.3 (\pm 1.2)	(20)
Hücre içi <i>Erwinia amylovora</i> Rekombinant Levansükraz Santrifüj, Sonikasyon, Afinitite kromatografisi	Moleküler ağırlık: 46.5 kDa K_m^b : 33.6 mM	(23)
Hücre içi <i>Zymomonas mobilis</i> Rekombinant Levansükraz Santrifüj, Hücre Presleme, Santrifüj, Mangan Klorür Presipitasyonu, Santrifüj, Jel Filtrasyon Kromatografisi, SDS-Page	Opt. pH: 5.0 Moleküler ağırlık: 46.7 kDa K_m^a : 36 mM	(36)

a: Fruktosilasyon reaksiyon aktivitesi b: Toplam aktivite

transfruktosilasyon aktivitesi için K_M değeri 36 mM olarak belirlenmiş ve enzimin molekül ağırlığı SDS-PAGE ile yaklaşık 46.7 kDa olarak bulunmuştur. Enzimin ürettiği FOS'lar ise ince tabaka kromatografisi ve yüksek performans iyon değişim kromatografisi ile kestoz ve nistoz olarak belirlenmiştir (36).

Erwinia amylovora levansükrazın 37 °C optimum sıcaklıkta maksimum transfruktosilasyon aktivitesi 856 µmol/dak.mg olarak ölçülmüş, toplam aktivitesi için K_M değeri 33.6 mM olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda enzimin toplam aktivitesi reaksiyon boyunca açığa çıkan glukoz miktarı, transfruktosilasyon aktivitesi ise serbest glukoz ve serbest fruktoz miktarları arasındaki fark ölçülerek bulunmuştur (23).

Mikrobiyel Fruktooligosakkaritler ve Fonksiyonu

Son yıllarda sağlığa yararlı ve düşük kalorili gıdalara yönelim artmıştır ve bu tür fonksiyonel gıdaların içerisinde FOS'lar da yer almaktadır. FOS'ların kaynakları, mikrobiyel üretim yolları, sağlık üzerine etkileri ve fonksiyonel özellikleri gibi konulara ilgi artmıştır (14). FOS'lar FDA (Food and Drug Administration- Gıda ve İlaç Kurumu) tarafından GRAS (Generally Recognized as Safe) statüsüne sahip bileşenler olarak tanımlanmaktadır (37). Bütün bunlar FOS'ların fonksiyonel gıda katkıları olarak öne çıkmasına sebep olmuştur.

Sakkarozdan 3 kat daha az tatlılık değeri olan FOS'lar, sakkaroz yerine reçeller, şekerlemeler ve çikolatalarda düşük kalorili fonksiyonel tatlandırıcı olarak kullanılmakta olup, diyabet hastaları için bu gıdaların tüketimi güvenli hale gelmektedir (13). Ayrıca prebiyotik özelliğe sahip olan FOS'lar midede sindirilememekte, kolonda *Bifidobacteria* gibi yararlı mikroorganizmaların gelişimini olumlu yönde etkileyerek mide ve bağırsak rahatsızlıklarına karşı koruyucu etki göstermektedir (14). Ayrıca FOS'ların mineral emilimi üzerine etkili olduğu, kalın bağırsakta mineral emilimini arttırdığı ve bu durumun FOS'ların kolon mikroorganizmaları tarafından fermente edilebilmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (38). FOS'lar geniş pH aralığında (pH 4.0-7.0) depolamada bir yıla kadar bozulmadan kalmalarından dolayı gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir (39). *Aspergillus oryzae* MTCC5154 levansükraz kullanarak üretilen FOS'lar mango, portakal ve ananas suyu gibi meyve sularına ilave edilerek 6

ay süresince depolanmıştır. Depolama boyunca meyve sularının fizikokimyasal yapısında değişiklik olmadığı, mikrobiyel ya da enzimatik bir bozulma gerçekleşmediği görülmüştür. Böylece FOS eklenerek hazırlanan sağlıklı içeceklerin depolama koşullarına bağlı olarak uzun süre saklanabileceği belirtilmiştir (40).

Padma Ishwarya ve ark. (2013), tarafından yapılan çalışmada bisküvi üretiminde FOS kullanılarak hamur ve son ürünün özellikleri incelenmiş ve standartlara uygun olarak hazırlanan bisküvi hamuruna şeker yerine FOS ilave edilmiştir. FOS eklenen ürünlerde daha iyi bir bağlanma ve matriks stabilitesinin sağlandığı belirtilmiştir (41).

Angiolillo ve ark. (2015), tarafından yapılan çalışmada ise hamburgerlere fonksiyonel özellik kazandırmak için etlere FOS eklenmiş ve FOS eklenerek pişirilen etlerde pişirme kaybının azaldığı gözlenmiştir. Böylece FOS'ların katkı maddesi olarak bu üründe kullanılabileceği ve pişirme kaybını azaltarak daha kaliteli bir ürün elde edilebileceği belirtilmiştir (42).

Krem karamelli tatlı için sakkaroz ile birlikte FOS ilave ederek ürünlerin hem reolojik özellikleri, hem de duyuşsal özellikleri incelenmiş ve ürünlerdeki FOS miktarı arttıkça jelleşme özelliğinin de arttığı saptanmıştır (43).

Mikrobiyel levansükrazlar, levan biyopolimerinin yanı sıra transfruktosilasyon aktivitesi ile FOS üretmektedir (1).

Belighith ve ark. (2012), tarafından *Bacillus* sp. ile gerçekleştirilen çalışmada %20 (w/v) sakkaroz içeren ortamda levansükraz üretimi gerçekleştirilmiş ve enzim tarafından üretilen FOS'lar ise ince tabaka kromatografisi kullanılarak belirlenmiştir (3).

Zymomonas mobilis endüstride etanol üretiminde kullanılan, fakültatif anaerob, gram negatif bir bakteridir. Aynı zamanda sakkaroz içeren ortamlarda FOS ve levan sentezinde görev alan levansükraz enzimini sentezlemektedir (44,45). Yüksek sakkaroz konsantrasyonu ve yüksek sıcaklığın bu bakteri tarafından üretilen levansükraz ile FOS sentezini arttırdığı belirtilmiştir (5, 45).

Bekers ve ark. (2002), *Zymomonas mobilis* ile ürettikleri levansükraz enzimini kullanarak sakkaroz şurubundan %22-32 verimlilikte 1-kestoz, 6-kestoz, nistoz ve fruktofuranozilnistoz gibi FOS'ları üretmişler ve elde edilen bu FOS çeşitlerinin düşük kalorili prebiyotik kaynağı olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir (5).

Trujillo ve ark. (2001), tarafından gerçekleştirilen çalışmada *Gluconacetobacter diazotrophicus* levansükraz rekombinant olarak *Pichia pastoris*'de üretilmiş ve rekombinant levansükrazın %50 sakkaroz içeren ortamda yüksek verimlilikte (%43) 1-kestoz sentezlediği belirtilmiştir (46).

Levan ve Fonksiyonları

Endüstriyel bir biyopolimer olan levan, hem suda hem yağda çözünebilir olması, yüksek molekül ağırlığı, düşük bir iç viskoziteye sahip olması ve ayrıca oda sıcaklığında su içinde şişmemesi gibi birçok özelliği sayesinde özellikle gıda endüstrisinde jelleştirici ajan, emülgatör, stabilizatör ve kıvam arttırıcı olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir (7, 9, 11). Levan teknolojik özelliklerinin yanı sıra iltihap önleyici, AIDS ve tümör engelleyici, kandaki lipit miktarını düşürme gibi özelliklere de sahiptir (11).

Mikrobiyel levana karşı son yıllarda artan ilginin en önemli sebeplerinden biri levanın iyi bir biyofilm oluşturma özelliği ile gıda maddelerinin kaplanması ve paketlenmesinde kullanılmasıdır (47). Göksungur ve ark. (2012), kayısı ve incir gibi orta nemli meyvelerde raf ömrünün artırılması amacıyla levandan ürettikleri yenilebilir filmi, kaplama materyali olarak kullanmışlardır. Depolama süresince her iki ürün grubunda da nem kaybının az olduğu belirlenmiş ve bu sebeple levanın nem oranı düşük gıdalarda kaplama materyali olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (47).

Tinzl-Malang ve ark. (2015), yaptığı çalışmada *Weissella confusa* F3/2-2 laktik asit bakterisinin ürettiği dekstran-levan biyopolimerini ekme hamurunda kullanarak hamurun reolojik özellikleri ve ekmeğin tekstürel yapısını değerlendirmişler ve hamurun elastikiyeti, su tutma kapasitesi ve tekstürel yapısının, ticari olarak üretilen ekme hamurunun özelliklerine benzerlik gösterdiğini belirlemişlerdir (48).

Sonuç

Son yıllarda stabilizatör, emülgatör, kıvam arttırıcı özellikleri ile gıdalarda kullanımı mümkün olan levan ve fonksiyonel gıda katkısı olarak kullanılan FOS'ları üreten levansükraz, önemi giderek artan bir enzimdir. Levan ve FOS polimerlerinin

özellikle mikrobiyel enzimler tarafından, ucuz hammaddeler kullanılarak düşük maliyetle üretilmesinin, bu polimerlerin birçok alanda kullanımını geliştirilebileceği ve farklı uygulamalar için yeni çalışmaları teşvik edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Li W, Yu S, Zhang T, Jiang B, Mu W. 2015. Recent Novel Applications of Levansucrases. *Appl Microbiol Biotechnol*, 99 (17): 6959-6969.
2. Visnapuu T, Mardo K, Mosoarca C, Zamfir A, Vigants A, Alamäe T. 2011. Levansucrases from *Pseudomonas syringae* pv. Tomato and *P. chlororaphis* subsp. *aurantiaca*: Substrate Specificity, Polymerizing Properties and Usage of Different Acceptors for Fructosylation. *J Biotechnol*, 155: 338-349.
3. Belghith K, Dahech I, Belghith H, Mejdoub H. 2012. Microbial Production of Levansucrase for Synthesis of Fructooligosaccharides and Levan. *Int J Biol Macromol*, 50: 451-458.
4. Santos-Moriano P, Fernandez-Arrojo L, Poveda A, Jimenez-Barbero J, Ballesteros A, Plou FJ. 2015. Levan Versus Fructooligosaccharide Synthesis Using the Levansucrase from *Zymomonas mobilis*: Effect of Reaction Conditions. *J Mol Catal B: Enzym*, 119: 18-25.
5. Bekers M, Laukevics J, Upite D, Kaminska E, Vigants a, Viesturs U, Danilevics a. 2002. Fructooligosaccharide and Levan Producing Activity of *Zymomonas mobilis* Extracellular Levansucrase. *Process Biochem*, 38 (5): 701-706.
6. Vigants A, Marx S, Linde R, Ore S, Bekers M, Vina I, Hicke H. 2003. A Novel and Simple Method for the Purification of Extracellular Levansucrase from *Zymomonas mobilis*. *Curr Microbiol*, 47: 198-202.
7. Arvidson S, Rinehart B, Gadala-Maria F, 2006. Concentration Regimes of Solutions of Levan Polysaccharide from *Bacillus sp.* *Carbohydr Polym*, 65 (2): 144-149.
8. Benigar E, Dogsa I, Stopar D, Jamnik A, Cigic I, Tomsic M. 2014. Structure and Dynamics of a Polysaccharidematrix: Aqueous Solutions of Bacterial Levan. *Langmuir*, 30 (14): 4172-4182.

9. Rehm A. 2009. Microbial Production of Biopolymers and Polymer Precursor: Application and Perspectives. Norfolk, UK: Caier Academic Press, pp. 145.
10. Srikanth R, Siddartha G, Sundhar Reddy C, Haris B, Janaki Ramaiah M, Uppuluri K. 2015. Antioxidant and Anti-inflammatory Levan Produced from *Acetobacter xylinum* NCIM2526 and its Statistical Optimization. *Carbohydr Polym*, 123: 8-16.
11. Srikanth R, Reddy C, Siddartha G, Ramaiah M, Uppuluri K. 2015. Review on Production, Characterization and Applications of Microbial Levan. *Carbohydr Polym*, 120: 102-114.
12. Wu F, Chou S, Shih I. 2013. Factors Affecting the Production and Molecular Weight of Levan of *Bacillus subtilis* natto in Batch and Fed-batch Culture in Fermenter. *J Taiwan Inst Chem Eng*, 44 (6): 846-853.
13. Yıldız S. 2011. The Metabolism of Fructooligosaccharides and Fructooligosaccharide-Related Compounds in Plants. *Food Rev Int*, 27: 16-50.
14. Sangeetha P, Ramesha M, Prapulla S. 2005. Recent Trends in the Microbial Production, Analysis and Application of Fructooligosaccharides. *Trends Food Sci Technol* 16: 442-457.
15. Kaplan H, Hutkins R. 2000. Fermentation of Fructooligosaccharides by Lactic Acid Bacteria and *Bifidobacteria*. *Appl Environ Microbiol*, 66 (6): 2682-2684.
16. Gupta S, Das P, Singh S, Akhtar M, Meena D, Mandal S. 2011. Microbial Levan, an Ideal Prebiotic and Immunonutrient in Aquaculture. *World Aquaculture Society*, 42 (1): 61-66.
17. Vaidya V, Prabu G, Theertha Prasad D. 2015. Heterologous Expression and Characterization of Thermostable Levansucrase (BsSacB) from *Bacillus subtilis* BB03. *J Biol Sci*, 15 (1): 10-22.
18. Porras-Dominguez J, Avila-Fernandez A, Miranda-Molina A, Rosriguez-Alegria M, Munguia A. 2015. *Bacillus subtilis* 168 Levansucrase (SacB) Activity Affects Average Levan Molecular Weight. *Carbohydr Polym*, 132: 338-344.
19. Korneli C, Biedendieck R, David F, Jahn D, Wittmann C. 2013. High Yield Production of Extracellular Recombinant Levansucrase by *Bacillus megaterium*. *Appl Microbial Biotechnol*, 97: 3343-3353.
20. Tian F, Inthanavong L, Karboune S. 2011. Purification and Characterization of Levansucrases from *Bacillus amyloliquefaciens* in Intra- and Extracellular Forms Useful for the Synthesis of Levan and Fructooligosaccharides. *Biosci Biotechnol Biochem*, 75 (10): 1929-1938.
21. Zhang T, Li R, Qian H, Mu W, Miao M, Jiang B. 2014. Biosynthesis of Levan by Levansucrase from *Bacillus methylotrophicus* SK 21.002. *Carbohydr Polym*, 101: 975-981.
22. Nakapong S, Pichyangkura R, Ito K, Iizuka M, Pongsawasdi P. 2013. High Expression Level of Levansucrase from *Bacillus licheniformis* RN-01 and Synthesis of Levan Nanoparticles. *Int J Biol Macromol*, 54: 30-36.
23. Caputi L, Nepogodiev S, Malnoy M, Rejzek M, Field R, Benini S. 2013. Biomolecular Characterization of the Levansucrase of *Erwinia amylovora* a Promising Biocatalyst for the Synthesis of Fructooligosaccharides. *J Agric Food Chem*, 61: 12265-12273.
24. Velazquez-Hernandez M, Baizabal-Aguirre V, Cruz-Vazquez F, Trejo-Contreras M, Fuentes-Ramirez L, Bravo-Patino A, Cajero-Juarez M, Chavez-Moctezuma M, Valdez-Alarcon J. 2011. *Gluconacetobacter diazotrophicus* Levansucrase is Involved in Tolerance to NaCl, Sucrose and Desiccation and in Biofilm Formation. *Arch Microbiol*, 193: 137-149.
25. Inthanavong L, Tian F, Khodadadi M, Karboune S. 2013. Properties of *Geobacillus stearothermophilus* Levansucrase as Potential Biocatalyst for the Synthesis of Levan and Fructooligosaccharides. *Biotechnol Prog*, 29: 1405-1415.
26. Dobruchowska J, Meng X, Leemhuis H, Gerwig J, Dijkhuizen L, Kamerling J. 2013. Glucooligomers Initially Formed by the Reuteransucrase Enzyme of *Lactobacillus reuteri* 121 Incubated with Sucrose and Malto-oligosaccharides. *Glycobiology*, 23 (9): 1084-1096.
27. Waldherr F, Meissner D, Vogel R. 2008. Genetic and Functional Characterization of *Lactobacillus panis* Levansucrase. *Arch Microbiol*, 190: 497-505.
28. Paul A, Samaddar N, Dutta D, Bagchi A, Chakravorty S, Chakravorty W, Gachhui R. 2011. Mercuric Ion Stabilizes Levansucrase Secreted by *Acetobacter nitrogenifigens* Strain RG1. *Protein J*, 30: 262-272.

29. Silbir S, Dagbaglı S, Yegin S, Byasal T, Goksungur Y. 2014. Levan Production by *Zymomonas mobilis* in Batch and Continuous Fermentation Systems, *Carbohydr Polym*, 99: 454-461.
30. Cote L. 1988. Production of Constitutive Extracellular Levansucrase from *Erwinia herbicola* NRRL-B 1678. *Biotechnol Lett*, 10 (12): 879-882.
31. Abdel-Fattah A, Mahmoud D, Esawy M. 2005. Production of Levansucrase from *Bacillus subtilis* NRC 33a and Enzyme Sythesis of Levan and Fructo-oligosaccharides. *Curr Microbiol*, 51: 402-407.
32. Ahmed S. 2008. Optimization of Production and Extraction Parameters of *Bacillus megaterium* Levansucrase Using Solid-State Fermentation. *J Appl Sci Res*, 4: 1199-1204.
33. Esawy M, Abdel-Fattah A, Ali M, Helmy W, Salama B, Taie H, Awad G. 2013. Levansucrase Optimization Using Solid State Fermentation and Levan Biological Activities Studies. *Carbohydr Polym*, 96 (1): 332-341.
34. Gonçalves B, Mantovan J, Ribeiro M, Borsato D, Antonia M, Celligoi P. 2013. Optimization Production of Thermo-active Levansucrase from *Bacillus subtilis* (natto) CCT7712. *J Appl Biol Biotechnol*, 1: 001-008.
35. vanHijum S, Szalowska E, van der Maarel M, Dijkhuizen L. 2004. Biochemical and Molecular Characterization of a Levansucrase from *Lactobacillus reuteri*. *Microbiology*, 150: 621-630.
36. Goldman D, Lavid N, Schwartz A. 2008. Microfibril Structure of the Two Active Forms of *Zymomonas mobilis* Levansucrase. *J Biol Chem*, 283: 32209-32217.
37. Food and Drug Administration, "GRAS Notice No. GRN 000044" (Son erişim tarihi 28 Ocak 2016).
38. YuWang M, Tao Zeng M, Shu-e Wang M, WeiWang M, QianWang M, Hong-XiaYu M. 2010. Fructooligosaccharides Enhance the Mineral Absorption and Counter Act the Adverse Effects of Phytic Acid in Mice. *Nutrition*, 26: 305-311.
39. Ganaie M, Lateef A, Gupta U. 2014. Enzymatic Trends of Fructooligosaccharides Production by Microorganisms. *Appl Biochem Biotechnol*, 172: 2143-2159.
40. Renuka B, Kulkarni G, Vijayananol P, Prapulla G. 2013. Fructooligosaccharides for Notification of Selected Fruit Juice Beverages: Effect on the Quality Characteristic. *Lwt-Food Sci Technol*, 42: 1031-1033.
41. Padma Ishwarya S, Prabhasankar P. 2013. Fructooligosaccharide-Retention During Baking and its Influence on Biscuit Quality. *Food Biosci*, 4: 68-80.
42. Angiolillo L, Conte A, Del Nobile M. 2015. Technological Strategies to Produce Functional Meat Burgers. *Lwt-Food Sci Technol*, 62 (1): 697-703.
43. Protonotariou V, Euagelia K, Evageliou V, Yanniotis S, Mandala I. 2013. Rheological and Sensory Attributes of Cream Caramel Dessert Containing Fructooligosaccharides as Substitute Sweeteners. *Int J Food Sci Tech*, 48: 663- 668.
44. Borsari J, Celligı C, Buzato B, Silva F. 2006. Influence of Carbon Source and the Fermentation Process on Levan Production by *Zymomonas mobilis* Analyzed by the Surface Response Method. *Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 26: 604-609.
45. Dagbaglı S, Göksungur Y. 2012. Mikrobiyel polisakaritler. *Gıdalarda İsisal Olmayan İşlemler*, (Baysal T, İçier F.), Nobel Yayın, Ankara, Türkiye, s.113-155.
46. Trujillo E, Arrieta G, Dafhnis F, Garcia J, Valdes J, Tambara Y, Perez M. 2001. FOS Production by the *Gluconacetobacter diazotrophicus* Levansucrase Expressed in the Methylophilic yeast *Pichia pastoris*. *Enzyme Microb Tech*, 28: 139-144.
47. Göksungur Y, Baysal T, Dağbağlı S, Giray N. 2012. Organik Orta Nemli Bazı Meyvelerin Üretiminde Organik Biyokoruyucu İçeren Yenilebilir Levan Filmle Kaplamanın Kaliteye Etkileri, Tübitak Projesi (Proje no :110O079).
48. Tinz- Malang K, Rast P, Grattepeche F, Sych J, Lacroix C. 2015. Exopolysaccharides from co-cultures of *Weissella confusa* 11GU-1 and *Propionibacterium freudenreichii* JS15 Act Synergiestically on Wheat Dough and Bread Texture. *Int J Food Microbiol*, 214: 91-101.
49. Youssef G, Youssef A, Talha S, El-Aassar S. 2014. Increased Fructosyltransferase (Levansucrase) Production by Optimizing Culture Condition from *Pediococcus acidilactici* strain in Shaking Batch Cultures. *Life Sci*, 11 (7): 33-47.