

GIDA (Gıda Teknolojisi Derneği Yayını)
THE JOURNAL OF FOOD (Published by the Association of Food Technology; Turkey)
Cilt / Volume: 40 • Sayı / Number: 5 • 2015
İki ayda bir yayımlanır / Published bimonthly
ISSN 1300 - 3070; ISSN 1309 - 6273 (GIDA on-line)

Sahibi / Owner

Gıda Teknolojisi Derneği Adına / *On behalf of the Association of Food Technology; Turkey*

Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN

Yönetim Kurulu Başkanı / *President of the Association*

Editörler Kurulu / Editorial Board	Danışma Kurulu / Advisory Board
Baş Editör/ Editor-in Chief Halkman, A. Kadir <i>Ankara University, Turkey</i>	Alichanidis, Efsthios <i>Aristotle University of Thessaloniki, Greece</i> Aran, Necla <i>Istanbul Technical University, Turkey</i> Artık, Nevzat <i>Ankara University, Turkey</i> Baysal, Taner <i>Ege University, Turkey</i> Boyacı, İsmail Hakkı <i>Hacettepe University, Turkey</i> Certel, Muharrem <i>Akdeniz University, Turkey</i> Draughon, Ann <i>Tennessee University, USA</i> Ekşi, Aziz <i>Ankara University, Turkey</i> El Soda, Morsi <i>University of Alexandria, Egypt</i> Fogliano, Vincenzo <i>University of Napoli Federico II, Italy</i> Ghosh, Bikash C. <i>National Dairy Research Institute, India</i> Gollop, Natan <i>The Volcani Center, ARO, Israel</i> Gökmen, Vural <i>Hacettepe University, Turkey</i> Griffiths, Mansel <i>University of Guelph, Canada</i> Göğüş, Fahrettin <i>Gaziantep University, Turkey</i> Gümüşkesen, Aytaç Saygın <i>Ege University, Turkey</i> Güven, Mehmet <i>Cukurova University, Turkey</i> Heperkan, Dilek <i>Istanbul Technical University, Turkey</i> Ho, Chi-Tang <i>The State University of New Jersey, USA</i> Kaya, Mükerrerem <i>Atatürk University, Turkey</i> Kaymak-Ertekin, Figen <i>Ege University, Turkey</i> Koçak, Celalettin <i>Ankara University, Turkey</i> Köksel, Hamit <i>Hacettepe University, Turkey</i> Morales, Francisco J. <i>CSIC Instituto del Fr o, Spain</i> Mujtaba, Mustafa G. <i>Florida Gulf Coast University, USA</i> Ögel, Zümrüt <i>Middle East Technical University, Turkey</i> Özilgen, Mustafa <i>Yeditepe University, Turkey</i> Paalme, Toomas <i>Tallinn University of Technology, Estonia</i> Parlar, Harun <i>Technical University of Munich, Germany</i> Raspor, Peter <i>University of Primorska, Slovenia</i> Rezessy-Szabo, Judit M. <i>Corvinus University of Budapest, Hungary</i> Şahin, Serpil <i>Middle East Technical University, Turkey</i> Üstünoğlu, Zeynep <i>Michigan State University, USA</i> Yetişemiyen, Atıla <i>Ankara University, Turkey</i>
Editörler / Co-Editors Çakır, İbrahim <i>Abant İzzet Baysal University, Turkey</i> Taban, Birce <i>Ankara University, Turkey</i> Tekin, Aziz <i>Ankara University, Turkey</i> Velioglu, Y. Sedat <i>Ankara University, Turkey</i>	
Yönetim Yeri Adres / Address Büyükelçi Sokak No: 18/1 Kavaklıdere/ Ankara Turkey	
Tel: (+90) 312 596 1180 • Faks: (+90) 312 317 8711 E-posta / E-mail: dergi@gidadernegi.org URL: http://www.gidadernegi.org/dergi.asp	
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 10 2015	

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

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

İçindekiler / Content

Özkaynak Kanmaz E, Ova G; <i>The effect of germination time on moisture, total fat content and fatty acid composition of flaxseed (<i>Linum usitatissimum</i> L.) sprouts</i> / Keten tohumu (<i>Linum usitatissimum</i> L.) filizlerinin nem ve toplam yağ içeriği ile yağ asidi kompozisyonu üzerine çimlendirme süresinin etkisi	249-254
Özkaynak Kanmaz E, Ova G; <i>The effect of germination time on SDG lignan, total phenolic and flavonoid contents of flaxseed (<i>Linum usitatissimum</i> L.) sprouts</i> / Keten tohumu filizlerinin SDG lignan, toplam fenolik ve flavonoit içeriklerine çimlendirme süresinin etkisi	255-262
Tokgöz H, Gölükcü M, Toker R, Yıldız Turgut D; <i>Karpuzun (<i>Citrullus lanatus</i>) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine aşılı fide kullanımı ve hasat zamanının etkileri / <i>Effects of grafting and harvesting time on some physical and chemical parameters of watermelon (<i>Citrullus lanatus</i>)</i></i>	263-270
Sutay Kocabaş D, Tur E, Kocabaş A; <i>Bazı yerli elma çeşitlerinin fitokimyasal analizi ve elma ağacı yapraklarının ksilanaz üretiminde değerlendirilmesi / <i>Phytochemical analysis of some native apple varieties and valorization of apple tree leaves for xylanase production</i></i>	271-278
Aşkın B, Öcal Y, Atılgan S, Tatlıcı N, Atılgan T, Küçüköner E; <i>Altın çilek suyunda (<i>Physalis peruviana</i> L.) randıman ile bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine mayşe enzimasyonunun etkisi / <i>The effect of mash enzymation on some physical and chemical properties and on juice yield of goldenberry (<i>Physalis peruviana</i> L.) juice</i></i>	279-286
Ermiş E; <i>Gıda tozları: Özellikleri ve karakterizasyonu / <i>Food powders: Properties and characterization</i></i>	287-294
Özbay Doğu S, Şireli UT; <i>Gıdalarda izlenebilirlik / <i>Traceability of food</i></i>	295-302
Kaya D, Günc Ergönül P; <i>Uçucu yağları elde etme yöntemleri / <i>Obtaining methods of volatile oils</i></i>	303-310

Editörden,

Merhaba,

Dergimizin 4. sayısındaki Editörden sayfasındaki beklentimize uygun olarak 5. (Eylül-Ekim) sayısını Ağustos 2015 sonunda elektronik ortamda bastık. Devamında büyük olasılıkla 6. sayıyı (Kasım-Aralık) en geç Eylül 2015 ortasında elektronik ortamda sayfa numaraları verilmiş şekilde yayımlayacağız. Tüm aşamalardan geçmiş ve yazarda baskı öncesi son kontrol için bekleyen son makale de tamamlanınca 40. cilt 6. sayı da elektronik ortamda yayımlanır.

GIDA Dergisi 5. sayısı ile 2014 yılında gelen tüm makaleler basılmış oldu. Ve bu tarihte dergimizde baskıya kabul edilmiş makaleler için artık 2016 yılı künyesi veriyoruz.

Gıdada bilgi kirliliğine karşı oluşturduğumuz facebook sayfasına www.gidadernegi.org sayfasının en altından erişilebilir.

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

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

Sevgi ve saygılarımla,

Prof. Dr. A. Kadir Halkman

A Message from the Editor-in-Chief

Hello,

We printed the 5th issue (September-October) of our journal in electronic form on August 2015 in line with our expectations stated in the "**A Message from the Editor-in-Chief**" of the 4th issue. Subsequently, we will most likely print the 6th issue (November-December) at the latest in the midst of September 2015 in electronic form, with the given page numbers. This 6th issue of the 40th volume of the journal will be printed in electronic form as soon as the last article, which has been passed from all stages of the article review process and has been waiting at the author for its final check before printing, is completed.

All articles were published with the 5th issue of the FOOD Journal and we no longer gave a publishing tag as "will be published in the year 2016" to the articles accepted for publishing nowadays.

You can access the facebook page which we created against the information pollution on food, from the bottom of the page of the link www.gidadernegi.org.

I would like to repeat the announcements, mentioned in previous issue, of the 12th National Food Congress in Edirne in 2016 and 3rd International Congress in Cappadocia in 2018, with the newest information. The date of the 12th National Food Congress, which will be organized collectively by the Trakya University Department of Food Engineering, announced as on 05-07th October 2016. On 04th October, there will be whole day food microbiology and vegetable oil analysis courses in parallel sections with a little attendance fee. The congress will begin on Wednesday morning and end at noon on Friday. Edirne city tour will be organized after Friday afternoon and, there will be the daily Balkans tour on Saturday. The congress web site opened: www.gidakongresi2016.org.

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

Best Regards,
Prof. A. Kadir Halkman

The EFFECT of GERMINATION TIME on MOISTURE, TOTAL FAT CONTENT and FATTY ACID COMPOSITION of FLAXSEED (*LINUM USITATISSIMUM* L.) SPROUTS

Evrım Özkaynak Kanmaz^{1*}, Gülden Ova²

¹Nutrition and Dietetics Department, Health College, Artvin Çoruh University, Artvin, Turkey

²Food Engineering Department, Engineering Faculty, Ege University, İzmir, Turkey

Geliş tarihi / Received: 30.04.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 08.07.2015

Kabul tarihi / Accepted: 10.07.2015

Abstract

In this study, moisture content, total fat content and fatty acid composition were evaluated in brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) and their sprouts (at 5–13 day). Total fat content of brown and yellow flaxseeds reduced 68.72 and 76.61% after 5 days germination whereas, moisture content of seeds significantly increased as 14 and 17 fold respectively ($P<0.05$). Total fat in 5-day-old brown and yellow seed sprouts were determined as 13.23 and 10.54% on dry matter respectively and similarly 3.20 and 3.36% in 13-day-old sprouts. Highest percentage of unsaturated fatty acid in brown and yellow seed sprouts were determined as 89,80 and 86.20% at 5 days and similarly α -linolenic acids were calculated as 52.58 and 45.15% respectively. The palmitic acids in noticeably increased during germination and the highest levels were obtained as 18.96 and 16.73% in yellow and brown seed sprouts at 11 days respectively.

Keywords: Flaxseed, flaxseed sprouts, germination, germination time, cultivar variety, moisture, total fat, α -linolenic acid, fatty acids.

KETEN TOHUMU (*LINUM USITATISSIMUM* L.) FİLİZLERİNİN NEM ve TOPLAM YAĞ İÇERİĞİ İLE YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONU ÜZERİNE ÇİMLENDİRME SÜRESİNİN ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada, kahverengi (TR 77705) ve sarı (TR 73572) keten tohumlarının (*Linum usitatissimum* L.) ve 5-13 günlük filizlerinin nem ve toplam yağ içeriği ile yağ asidi kompozisyonu incelenmiştir. Kahverengi ve sarı keten tohumlarının toplam yağ içeriği 5 günlük çimlendirme işlemi ile sırasıyla %68.72 ve 76.61 oranında düşmüş olup tohumların nem içerikleri ise sırasıyla 14 ve 17 kat artmıştır. ($P<0.05$). Kahverengi ve sarı keten tohumlarının 5 ve 13 günlük filizlerinin toplam yağ içerikleri ise kuru madde bazında sırasıyla 13.23; 10.54% ve 3.20; 3.36% olarak saptanmıştır. Kahverengi ve sarı keten tohumu filizlerinin en yüksek doymamış yağ asidi içerikleri sırasıyla %89.80 and 86.20 olarak 5 günlük filizlerde elde edilmiş olup α -linolenik asit yüzdeleri de en yüksek oranda 5 günlük filizlerde (sırasıyla %52.58 and 45.15) bulunmuştur. Palmitik asit filizlenme işlemi sırasında önemli düzeyde düşme göstermiş olup en yüksek palmitik asit içerikleri 11 günlük sarı ve kahverengi keten tohumu filizlerinde sırasıyla %18.96 and 16.73 olarak saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Keten tohumu, keten tohumu filizi, çimlendirme, çimlendirme süresi, kültürel çeşitlilik, nem, toplam yağ, α -linolenik asit, yağ asitleri.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ evrimka2000@yahoo.com,

☎ (+90) 466 212 1301,

☎ (+90) 466 212 3719

INTRODUCTION

The fatty acid composition of flaxseed oil is known to consist of high levels of α -linolenic acid followed by linoleic and oleic acid (1). Flaxseed is used as raw material in functional foods because it is a valuable source of omega-3 fatty acids, secoisolariciresinol diglucoside (SDG) lignan and other phenolic compounds with beneficial health effects (2, 3) as antioxidant (4-6), phytoestrogenic (7, 8) and anticarcinogenic effects (9, 10).

Seed sprouts are valuable dietary supplement and also considered healthy ingredients in functional foods. Sprouting of various type of seeds has become popular in the world. Sprouts are used as functional ingredient in many different foods including breakfast items, salads, soups, pasta and baked products (11-14). Sprouting is the practice of soaking and leaving seeds until they germinate and begin to sprout. This practice is reported to be associated with improvement in the nutritive value of seeds (13, 15, 16). Also, the lipids, carbohydrates and storage proteins are broken down to smaller and more digestible nutrients during this complex metabolic process (17).

Flaxseed sprouts are produced and consumed whereas, there are not sufficient study as much as other seed sprouts. In general germination conditions, germination time and cultivar have pronounced to influence the formation of bioactive compounds in sprouts (12, 13, 18). In the literature, little information is available regarding the total fat and fatty acid composition in flaxseed sprouts. The present study was undertaken to investigate the influence of germination and germination time on moisture content, total fat content and fatty acid composition of brown and yellow flaxseeds and (*Linum usitatissimum* L.) their sprouts (5-13 days).

MATERIALS and METHODS

Materials

Two oil-type flaxseed cultivars (*Linum usitatissimum* L) were used in this study and they were supplied from National Gene Bank of Aegean Agricultural Research Institute in İzmir, Turkey. The seeds were cleaned and stored at room temperature without exposure to direct sunlight. Certificated cultivar TR 73572 (Sarı 85) was yellow in colour and the other seed, TR 77705 was brown. Seeds

were germinated in a growth chamber for 13 days in dark at $20\pm 1^\circ\text{C}$ and approximately $78\pm 2\%$ relative humidity (19). Seeds and sprouts were washed twice a day to avoid microbial growth. Under the conditions in this study, 98–99% germination of flaxseed was achieved. Sprouts with out pericarps were harvested after 5, 7, 9, 11, and 13 days with hand. Germination time was determined after a pilot germination study. In this study, it was shown that the hulls of seeds falled after 5 days and the flaxseed sprouts were still alive and fresh up to 13 days.

The chemicals and reagents used in the study were n-hexane (Merck); potassium hydroxide (Supelco); fatty acid methyl esters (Fatty acid methyl esters) FAME Q005 (Nu-Check Prep, Inc., Elysian, MN, USA). All the chemicals and solvents used were of analytical or HPLC grade.

Determination of moisture and water content

Moisture and water content of flaxseeds and sprouts were determined using the air oven method (20).

Determination of total fat content

Total fat content of flaxseeds and sprouts were determined using the Soxhlet method (20).

Determination of fatty acid composition

Ground flaxseeds and blended sprouts were defatted twice with n-hexane under magnetic stirring at 20°C for 1 h. After filtration, n-hexane was removed on rotary evaporator. Fatty acid composition of samples were determined using gas chromatography of fatty acid methyl esters (FAME). FAME were prepared according to the method of (20). FAME was quantified on an Agilent 5890N gas chromatograph, (Agilent Technologies Inc., Wilmington, DE, USA) and a flame ionization detector. Separation was carried out on a DB23 capillary column (30m*250 μm , J. W. Scientific) with a film thickness of 0.25 mm. The FAME in n-hexane (2 μL) was injected into the column with a split ratio of 100:1. The injector and detector temperature were set at 250°C . The column temperature was programmed from 30 to 150°C at $20.0^\circ\text{C}/\text{min}$ and then to 235°C at $6.0^\circ\text{C}/\text{min}$ and was held at 230°C for 20 min (21-Lukaszewicz et al., 2004). Identification of fatty acids was carried out using a reference standard mixture FAME Q005 and FAME of the samples were analyzed under the same operating conditions.

Statistical analysis

Data were interpreted by analysis of variance (ANOVA) with LSD test using SPSS (17.0) software package. The statistical significance was evaluated at $P<0.05$ level.

RESULTS and DISCUSSION

Moisture and water contents of flaxseeds and their sprouts

The flaxseed cultivars, TR 77705 (brown seed) and TR 73572 (yellow seed) had low moisture content as 6.48 and 5.58% respectively. The moisture content of seeds increased drastically with germination and reached to 91.37 and 91.95% in brown and yellow seed sprouts after 5 days respectively (Table 1). In the literature, it was also reported that the loss of dry matter occurred as a result of oxidation and breakdown of the stored macromolecules such as lipids and proteins of flaxseeds during germination (22).

During germination, water content exhibited an almost linear upward trend with increasing germination time and water contents of brown and yellow seed sprouts were observed as 96.53 and 96.79% at the end of 13 days (Table 1). In the literature, a noticeable increase in moisture and water contents of seeds and sprouts were observed in other studies with flaxseed, sesame and chickpea (12, 13, 17, 22-25).

Total fat content of flaxseeds and their sprouts

The effects of germination time and cultivar on total fat content of flaxseeds and their sprouts

were significant ($P<0.05$) as shown in Table 2. Yellow flaxseeds had higher total fat content (45.07%) than brown flaxseeds (42.29%). Total fat contents of yellow and brown flaxseeds reduced 76.61 and 68.72% at the end of the 5 days germination respectively and a significant variation was found between cultivars ($P<0.05$). Also, a significant ($P<0.05$) decrease was observed during germination and total fat contents were determined as 3.36 and 3.20% in yellow and brown seed sprouts after germination of 13 days.

In the other study with flaxseed, it was also found that total fat significantly reduced with germination (22). It was also noted significant losses in total fat content of canola seeds during germination (15). Besides, degradation of total fat with germination was recognized in soybean and sesame sprouts (17, 26). On the whole, it was reported that degradation of reserve nutrients (lipids and carbohydrates) during germination is a process whose essential purpose is required to provide the energy or protein synthesis in plant growth (17).

Fatty acid composition of flaxseeds and their sprouts

In this study, α -linolenic (C18:3), linoleic (C18:2), and oleic (C18:1) acids were the predominant fatty acids and also α -linolenic acid was the major fatty acid in flaxseeds and their sprouts. Percentages of α -linolenic acid in brown and yellow flaxseeds were found as 54.56 and 55.47% respectively and similarly unsaturated fatty acids were 89.39 and 90.27% (Table 3).

Table 1. Moisture and water content of flaxseeds and sprouts of brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) seed cultivars.

Composition	Cultivar	Germination time (day)					
		seed	5*	7*	9*	11*	13*
%	Brown flaxseed	6.48±0.01	91.37±0.01	93.42±0.02	95.73±0.02	95.91±0.01	96.53±0.01
	Yellow flaxseed	5.58±0.01	91.95±0.01	94.94±0.01	95.69±0.01	96.18±0.03	96.79±0.01

Values are means±standard deviations of three (n=3) measurements

* Hull-free sprouts

Table 2. Total fat content of flaxseed and sprouts of brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) seed cultivars.

	Cultivar	Germination time (day)					
		seed	5*	7*	9*	11*	13*
Total fat (% DW)	Brown flaxseed	42.29±1.55 ^a	13.23±0.73 ^b	9.88±0.83 ^c	7.26±0.77 ^d	3.41±0.95 ^e	3.20±0.56 ^f
	Yellow flaxseed	45.07±1.30 ^a	10.54±0.35 ^b	6.37±0.22 ^c	6.73±0.67 ^c	3.57±0.37 ^d	3.36±0.58 ^e

Values are means±standard deviations of three (n=3) measurements

^{abcd} Values with different superscript letters within a row are significantly different at $p<0.05$

* Hull-free sprouts

With germination process (after 5 days), there was a slight decrease (3.63%) in the level of α -linolenic acid in brown seeds whereas, a noticeable decrease (18.61%) was obtained for yellow seeds. During germination (5-13 days), the percentage of α -linolenic acid reduced 32.76 and 41.54% in yellow and brown seed sprouts respectively and similarly unsaturated fatty acids reduced 12.31 and 12.78% (Table 3). In the literature, it was also reported that there was decrease in the percentage of α -linolenic acid and unsaturated fatty acids of flaxseed and sesame sprouts with germination (17, 22). Level of α -linolenic acids in brown and yellow seed sprouts was significantly different (52.58 and 45.15% respectively) at 5 days-in the initial stages of germination whereas, ended on an almost similar value (30.74 and 30.36% respectively) after germination of 13 days. However brown and yellow seed sprouts had significantly different level of unsaturated fatty acids as 78.32 and 75.59% at 13 days respectively (Table 3).

After germination of 5 days, a slightly increase was found in relative percentages of palmitic and stearic acids in flaxseeds. Also, there was a slightly increase in the level of oleic acid in brown flaxseeds whereas a noticeable increase (37.31%) was observed in the level of oleic acid for yellow seeds. During germination (5-13 days), several variations were observed in the percentages of linoleic acids at different days. The highest level of linoleic acid were observed 28.33% in yellow seed sprouts at the end of the

13 days whereas, brown seed sprouts had the highest level (31.52%) at 9 days. While the highest percentage of oleic acid was determined as 26.02% in yellow seed sprouts at 5 days, brown seed sprouts had the highest percentage (21.96%) at 13 days.

The level of palmitic acid in yellow and brown seed sprouts noticeably increased during germination and the highest levels were obtained as 18.96 and 16.73% at 11 days respectively (Table 3). Also the percentage of stearic acids increased in sprouts during germination (5-13) and reached the maximum value at 11 days. In the another flaxseed sprout study, it was reported that flaxseed oils were rich in polyunsaturated fatty acids (α -linolenic and linoleic acids-77%) and monounsaturated fatty acids (oleic acids-12%) after germination of 8 days and contained only 10% of saturated (palmitic and stearic acids) fatty acids (22).

CONCLUSIONS

Moisture content of flaxseeds significantly increased with germination ($P<0.05$). Omega-3 fatty acids- α -linolenic acid was found to be the major fatty acid of flaxseeds and their sprouts. Total fat content of brown and yellow flaxseeds showed a considerable decrease with germination process after 5 days and also, level of α -linolenic acids and unsaturated fatty acids of seeds showed a significant decrease ($P<0.05$). With noticeable reduction in total fat content, 5-old-day brown

Table 3. Fatty acid composition of flaxseed and sprouts of brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) seed cultivars.

Fatty acids (%)	Cultivar	Germination time (day)					
		seed	5*	7*	9*	11*	13*
C 16:0	Brown flaxseed	5.66±0.17 ^a	5.77±0.69 ^a	6.47±0.59 ^b	16.45±0.93 ^c	16.73±0.56 ^d	12.25±0.48 ^e
	Yellow flaxseed	5.24 ±0.09 ^a	7.11±0.78 ^b	7.66±0.53 ^c	18.60±0.34 ^d	18.96±0.65 ^e	15.62±0.47 ^f
C 18:0	Brown flaxseed	3.20±0.11 ^a	4.43±0.62 ^b	5.46±0.51 ^c	9.22±0.87 ^d	11.68±0.51 ^e	9.33±0.86 ^f
	Yellow flaxseed	3.18±0.06 ^a	6.70±0.84 ^b	7.89±0.88 ^c	8.76±0.59 ^d	10.50±0.68 ^e	8.78±0.55 ^f
C 18:1	Brown flaxseed	19.30 ±0.45 ^a	19.58±0.27 ^b	17.65±0.39 ^c	15.05±0.44 ^d	20.69±0.86 ^e	21.96±0.55 ^f
	Yellow flaxseed	18.95±0.09 ^a	26.02±0.19 ^b	24.08±0.24 ^c	15.91±0.37 ^d	16.06±0.29 ^e	16.90±0.45 ^f
C 18:2	Brown flaxseed	15.29±0.10 ^a	17.64±0.36 ^b	23.77±0.68 ^c	31.52±0.23 ^d	23.84±0.49 ^e	25.62±0.64 ^f
	Yellow flaxseed	15.69±0.07 ^a	15.03±0.31 ^b	18.45±0.17 ^c	27.20±0.74 ^d	26.13±0.81 ^e	28.33±0.46 ^f
C 18:3	Brown flaxseed	54.56±2.23 ^a	52.58±1.48 ^b	46.55±1.32 ^c	27.77±0.68 ^d	26.77±0.37 ^e	30.74±0.77 ^f
	Yellow flaxseed	55.47±2.11 ^a	45.15±1.22 ^b	41.93±1.25 ^c	29.53±0.79 ^d	28.78±0.54 ^e	30.36±0.29 ^f
UFA	Brown flaxseed	89.39 ^a	89.80 ^b	87.97 ^c	74.34 ^d	71.30 ^e	78.32 ^f
	Yellow flaxseed	90.27 ^a	86.20 ^b	84.46 ^c	72.64 ^d	70.97 ^e	75.59 ^f

Values are means±standard deviations of three (n=3) measurements

^{abcdef} Values with different superscript letters within a row are significantly different at $p<0.05$

* Hull-free sprouts

UFA: Unsaturated fatty acids

flaxseed sprouts oil contained considerable amount of unsaturated fatty acids (89.80%) and α -linolenic acid (52.58%). During germination (5-13 days), brown and yellow flaxseed sprouts had the highest level of α -linolenic acid and unsaturated fatty acids and also total fat content after germination of 5 days and there was significant differences between cultivars ($P < 0.05$). The level of palmitic acids noticeably increased in yellow and brown seed sprouts during germination from 5 to 13 days. As a result, selection of brown flaxseed cultivar combined with germination of 5 days could provide better sources of α -linolenic acids from flaxseed sprouts.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financed by TÜBİTAK as "The Support Programme for Scientific and Technological Research Projects (1001)" (project number: 108O498). The authors gratefully acknowledge Aegean Agricultural Research Institute for providing flaxseed cultivars and germination of flaxseeds and also Ege University Center of Drug Research & Development and Pharmacokinetic president and searchers for their technical helps.

REFERENCES

1. Choo WS, Birch J, Dufour, JP. 2007. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *J Food Compos Anal*, 20: 202-211.
2. Johnsson P, Peerlkampa N, Kamal-Eldina A, Andersson R. E, Andersson R, Lundgren L N, Åman P. 2002. Polymeric fractions containing phenol glucosides in flaxseed. *Food Chem*, 76: 207-212.
3. Rudnik E, Szczucinska A, Gwardiak H, Szulc A, Winiarska A. 2001. Comparative studies of oxidative stability of linseed oil. *Thermochimica Acta*, 370: 135-140.
4. Collins TFX, Sprando, R., Black TN, Olejnik N, Wiesenfeld PW, Babu US, Bryant M, Flynn TJ, Ruggles DI. 2003. Effects of flaxseed and defatted flaxseed meal on reproduction and development in rats. *Food Chem Toxicol*, 41: 819-834.
5. Bloedon LT. and Szapary OP. 2004. Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutr Rev*. 62: 18-27.
6. Hosseinian F., Muir AD, Westcott ND, Krol ES. 2006. Antioxidant Capacity of Flaxseed Lignans in Two Model Systems. *JAOCS*, 83 (10): 835-840.
7. Valstal LM, Killinen A, Mazur W, Nurmi T, Lampi AM, Ovaskainen ML, Korhonen T, Adlercreutz H, Pietinen P. 2003. Phyto-oestrogen database of foods and average intake in Finland. *Br J Nutr*. 89, Suppl. 1, 31-38.
8. Tan KP, Chen J, Ward WE & Thompson LU. 2004. Mammary gland morphogenesis is enhanced by exposure to flaxseed or its major lignan during suckling in rats. *Exp. Biol. Med.* 229: 147-157.
9. Chen J, Thompson LU. 2003. Lignans and tamoxifen, alone or in combination, reduce human breast cancer cell adhesion, invasion and migration in vitro. *Breast Cancer Res. Treat*, 80: 163-170.
10. Thompson LU. 2003. Flaxseed, Lignans, and Cancer. In S. C. Cunnane, & L. U. Thompson (Eds.), *Flaxseed in human nutrition*. AOCS Press, 195-222.
11. Mao JJ, Dong JF, & Zhu MY. 2005. Effect of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprout. *J Sci Food Agric*, 85: 943-947.
12. Khattak AB, Zeb A, Bibi N, Khalil SA, Khattak MA. 2007. Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chem*, 104 (3): 1074-1079.
13. Khattak AB, Zeb A., Khan M, Bibi N, Ihsanullah, Khattak, MS. 2007. Influence of germination techniques on sprout yield, biosynthesis of ascorbic acid and cooking ability, in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Chem*, 103 (1): 115-120.
14. Pasko P, Barton H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Folta M, Zachwieja Z. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem*, 115: 994-998.
15. Badshah A, Zeb A, Sattar A. 1991. Effect of soaking, germination and autoclaving on selected nutrients of rapeseed. *Pak J Sci Ind Res*, 34: 446-448.
16. Sattar A, Badshah A, Zeb A. 1995. Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars. *Plant Foods Hum Nutr*, 47: 63-70.

17. Hahm T S, Park SJ, Lo YM. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. *Bioresour Technol*, 100: 1643-1647.
18. Kim EH, Kim SH, Chung JI, Chi JH, Kim YA, Chung, I. M. 2004. Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions. *Eur Food Res Technol*, 222: 201-208.
19. ISTA, 1985. "Flax seed sprouts", International rules for seed testing. Seed Sci Technol.
20. AOAC, 1998. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, Washington D. C., USA.
21. Lukaszewicz M, Szopa J, Krasowska A. 2004. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. *Food Chem*, 88: 225-231.
22. Wanasundara PKJPD, Wanasundara UN, Shahidi F. 1999. Changes in Flax (*Linum usitatissimum* L.) Seed lipids during germination. *JAOCS*, 76: 41-48.
23. Khalil AW, Zeb A, Mahmood F, Tariq S, Khattak AB, Shah H. 2007. Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *LWT*, 40: 937-945.
24. Khattak AB, Zeb A, Bibi N. 2008. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chem*, 109: 797-801.
25. Bibi N, Aurang Z, Amal BK, Mohammad SK. 2008. Effect of germination time and type of illumination on proximate composition of chickpea seed (*Cicer arietinum* L.). *Am. J. Food Technol*, 3: 24-32.
26. Bau HM, Villaume C, Nicolas JP, Méjean L. 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. *J. Sci. Food Agric*. 73 (1): 1-9.

THE INFLUENCE of GERMINATION TIME on SDG LIGNAN, PHENOLIC and FLAVONOID CONTENTS of FLAXSEED (*LINUM USITATISSIMUM* L.) SPROUTS

Evrım Özkaynak Kanmaz^{1*}, Gülden Ova²

¹Nutrition and Dietetics Department, Health College, Artvin Çoruh University, Artvin, Turkey

²Food Engineering Department, Engineering Faculty, Ege University, İzmir, Turkey

Geliş tarihi / Received: 14.04.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 08.07.2015

Kabul tarihi / Accepted: 10.07.2015

Abstract

In this study, the effect of germination time on SDG (secoisolariciresinol diglucoside) lignan, phenolic and flavonoid contents of brown and yellow flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) and their sprouts was investigated. SDG lignan content of brown and yellow flaxseeds were obtained as 13.76 and 6.17 mg/g dw respectively whereas, germination resulted in a noticeable reduction of SDG lignan in seeds. 13-old-day brown flaxseed sprouts had the highest SDG lignan content (0.72 mg/g dw) whereas, the highest SDG lignan content was determined as 0.37 mg/g in yellow flaxseed sprouts at 11 days. Free and esterified phenolics and flavonoids were increased after with germination and during germination (5-13 days) and cultivar had a significant effect ($P<0.05$). Total phenolic content of brown and yellow flaxseeds increased 4.2-fold and 7.3-fold after germination of 13 days respectively, similarly total flavonoid content increased 33.5-fold and 26.8-fold. The percentage of esterified phenolics decreased with germination in seeds and represented 66.11 and 67.02% of total phenolics in brown and yellow flaxseed sprouts at 5 days whereas, the percentage of free flavonoids in seeds increased with germination and reached to 77.35 and 71.11% in brown and yellow flaxseed sprouts respectively.

Keywords: Flaxseed, flaxseed sprouts, germination, germination time, cultivar variety, SDG lignan, phenolics, flavonoids.

KETEN TOHUMU FİLİZLERİNİN SDG LİGNAN, FENOLİK ve FLAVONOİT İÇERİKLERİNE ÇİMLENDİRME SÜRESİNİN ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada, kahverengi ve sarı keten tohumlarının (*Linum usitatissimum* L.) ve filizlerinin SDG (sekoizolarikirezinol diglukosit) lignan, fenolik ve flavonoit içeriğine çimlendirme süresinin etkisi araştırılmıştır. Kahverengi ve sarı keten tohumlarında SDG lignan miktarı sırasıyla 13.76 ve 6.17 mg/g olmasına karşın çimlendirme işlemi tohumların SDG lignan içeriğinde önemli bir azalmaya neden olmuştur. 13 günlük kahverengi keten tohumu filizleri en yüksek SDG lignan (0.72 mg/g) içeriğine sahipken sarı keten tohumu filizlerinde en yüksek SDG lignan 0.37 mg/g olarak 11. günde saptanmıştır. Keten tohumlarının yapısındaki serbest ve esterleşmiş fenolikler ve flavonoitler çimlendirme işleminden sonra ve 5-13 günlük çimlendirme süresince artmıştır ve kültürel çeşitlilik istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kahverengi ve sarı keten tohumlarının toplam fenolik içeriği 13 günlük çimlendirme işleminden sonra sırasıyla 4.2 ve 7.3 kat artmış olup benzer şekilde toplam flavonoit içerikleri de 33.5 ve 26.8 kat artmıştır. Keten tohumlarında esterleşmiş fenoliklerin oranı çimlendirme işlemi ile düşerek 5 günlük kahverengi ve sarı keten tohumu filizlerinde toplam fenoliklerin %66.11 ve 67.02'sini oluşturduğu saptanmıştır. Buna karşın, tohumlardaki serbest flavonoitler çimlendirme işlemi ile artarak 13 günlük kahverengi ve sarı keten tohumu filizlerinde sırasıyla %77.35 ve 71.11 oranlarına ulaşmıştır.

Anahtar kelimeler: Keten tohumu, keten tohumu filizi, çimlendirme, çimlendirme süresi, kültürel çeşitlilik, SDG lignan, fenolikler, flavonoitler.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ evrimka2000@yahoo.com,

☎ (+90) 5367666782,

☎ (+90) 466 212 3719

INTRODUCTION

Flaxseed is generally used as a functional ingredient in food industry because of its valuable omega-3 fatty acids, and lignans especially SDG lignan (1-3). Also, flaxseed is a natural source of major phytochemicals such as phenolic acids and flavonoids (4, 5). Flaxseed is the richest source of food lignans and contains lignans 75–800 times higher than other foods (2). These bioactive compounds in flaxseed have antioxidant (6-8), phytoestrogenic (9, 10) and anticarcinogenic effects (11, 12).

Seed sprouts are also considered healthy ingredient in functional foods (13). Sprouting is the practice of soaking, draining and leaving seeds until they germinate and begin to sprout. This method has been known for a very long time, mainly in the Eastern countries such as China and Japan (14). It has been identified as an inexpensive and effective technology for improving the nutritional quality of seeds (15-18). Sprouts are used as functional ingredient in many different foods including breakfast items, salads, soups, pasta, and baked products (17, 19, 20).

Different seeds such as legumes (bean, pea, lentil, soybean), grains (rye, wheat, barley, oats), some vegetables (alfalfa, radish) and oilseeds (flaxseed, sesame) can be sprouted for human consumption. Flaxseed sprouts are produced and consumed whereas there are not sufficient studies as much as other seed sprouts. Also, in the literature, there is no information about SDG lignan, phenolics and flavonoids in flaxseed sprouts and also the effect of cultivar and long period of germination time. The present study was undertaken to investigate the influence of germination time (5-13 days) on SDG lignan, free, esterified and total phenolic and flavonoid contents of brown and yellow flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) and their sprouts.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Two oil-type flaxseed cultivars (*Linum usitatissimum* L.) were used in this study and they were supplied from National Gene Bank of Aegean Agricultural Research Institute in İzmir, Turkey. The seeds were cleaned and stored at room temperature without exposure to direct sunlight. Certificated cultivar TR 73572 (Sarı 85) was yellow in color

and the other seed, TR 77705 was dark brown. Seeds were germinated in a growth chamber for 13 days in dark at 20 ± 1 °C and approximately 78 ± 2 relative humidity (21). Seeds and sprouts were washed twice a day to avoid microbial growth. Under the conditions in this study, 98–99% germination of flaxseed was achieved. Sprouts with out pericarps were harvested after 5, 7, 9, 11, and 13 days with hand.

The chemicals and reagents used in the study were sodium carbonate, hydrochloric acid (Merck); Folin-ciocalteu phenol reagent, methanol, luteolin (Sigma); ferrulic acid, 2-aminoethyl dipheylborinate (Fluka); sodium hydroxide, sulphuric acid (J. T. Baker), methanol, (Sigma) and SDG (secoisolariciresinol diglucoside) standard (Bosco, Hong Kong). All the chemicals and solvents used were of analytical or HPLC grade.

Determination of moisture and water content

Moisture and water content of flaxseeds and sprouts were determined using the air oven method (22).

Determination of SDG lignan content

The procedure of Özkaynak Kanmaz (2014) was followed (23). Analysis of SDG was performed by using a HPLC-MS/MS system (API 4000) equipped with a Waters Model 600 pump, a 717 plus autosampler, an Agilent 1100 degasser, and a 996 photodiode array detector.

Determination of phenolic content

Free phenolics from 1 g of these samples were extracted with 45 ml of 80% aqueous methanol in a shaker bath set at 40 °C for 90 min and filtered. Then, the flasks was allowed to cool to room temperature and diluted to a 50 ml volume with distilled water. The procedure of Özkaynak Kanmaz (2014) was followed for the extraction of esterified phenolics and spectrophotometric determination of phenolics (24).

Determination of flavonoid content

Flavonoid analysis was occurred in free and esterified phenolic extracts. The procedure of Özkaynak Kanmaz (2014) was followed for the spectrophotometric determination of free and esterified flavonoids (24).

Statistical analysis.

Data were interpreted by analysis of variance (ANOVA) with LSD test using SPSS (17.0) software package. The statistical significance was evaluated at $P<0.05$ level.

RESULTS AND DISCUSSION

SDG lignan content of flaxseeds and their sprouts

Flaxseed, flaxseed meal and flaxseed flour have the highest concentration of plant lignans. In addition cereals, cereal brans, a few oilseeds, fruits and vegetables contain substantial quantities of plant lignans (2). In the current study, germination time and cultivar had a noticeable effect on SDG lignan content in flaxseeds and their sprouts. SDG lignan content of flaxseeds differed significantly ($P<0.05$) between cultivars with brown seed (13.76 mg/g dw) having 2.5 times higher value than yellow seed (6.17 mg/g dw). Germination resulted in a noticeable reduction of SDG lignan in brown and yellow flaxseeds as 99.93 and 96.92% after 5 days (Table 1). However, a significant increase (2.8 and 3.7 times) was reported in free phytoestrogens, genistein and daidzein content of soybean seed after germination of 96 h (14). Lignans are also one of the major classes of phytoestrogens but lignans are assembled from the same simple phenolic precursors with lignins, wood fiber which the phenolic polymeric stuff in the woody cell walls of plants (25). In the literature, it was reported that degradation of carbohydrates during germination is required to provide the energy or protein synthesis in plant growth. These findings may be an answer for the significant decrease in SDG lignan content of flaxseed with germination at 5 days (26).

Germination from 5 to 13 days, SDG lignan content of sprouts increased but several variations were observed during different days of germination (Table 1). Minimum value was obtained at 5 and 9 days for brown seed sprouts whereas, yellow seed sprouts had minimum value at 7 days. The highest SDG lignan content was determined as 0.72 mg/g dw on dry matter at 13 days in brown flaxseed sprouts but, 0.37 mg/g dw was observed

in yellow seed sprouts at 11 days.

Phenolic content of flaxseeds and their sprouts

The results of this study indicated germination time and cultivar had a significant ($P<0.05$) effect on free, esterified and total phenolics. Brown flaxseeds (697.83 mg/100 g dw) had significantly ($P<0.05$) higher total phenolic content than yellow seeds (462.77 mg/100 g dw). After germination of 5 days, a noticeable increase (4.3 and 2.4 times respectively) was shown in the total phenolic content of yellow and brown flaxseeds and also, 5-old-day yellow seed sprouts (2008.95 mg/100 g dw) contained significantly ($P<0.05$) higher value than brown seed sprouts (1675.67 mg/100 g dw). In addition, total phenolic content of sprouts increased during germination from 5 to 13 days. A significant increase (1.7 and 1.8 times respectively) was observed in phenolics with germination from 5 to 13 days and the total concentration of phenolics reached to 3396.57 and 2945.24 mg/100 g dw in yellow and brown seed sprouts respectively (Figure 1).

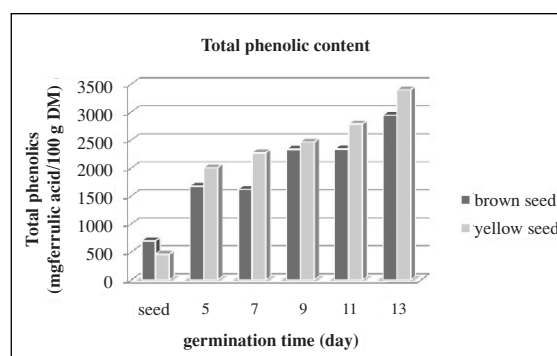


Figure 1. Comparison of total phenolic content of brown and yellow flaxseeds and their sprouts.

It was shown that total phenolic contents of yellow and brown seeds increased 7.3 and 4.2 fold with germination of 13 days respectively. Also in the literature, it has been reported that

Table 1. SDG lignan content of flaxseed and sprouts of brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) seed cultivars.

	Cultivar	Germination time (day)					
		seed	5*	7*	9*	11*	13*
SDG lignan (mg/g DW)	Brown flaxseed	13.76±1.10 ^a	0.01±0.00 ^b	0.08±0.00 ^c	0.01±0.00 ^b	0.07±0.00 ^d	0.72±0.00 ^e
	Yellow flaxseed	6.17±0.11 ^a	0.19±0.00 ^b	0.05±0.00 ^c	0.12±0.00 ^d	0.37±0.00 ^e	0.31±0.00 ^f

Values are means±standard deviations of three (n=3) measurements

^{abcd} Values with different superscript letters within a row are significantly different at p<0.05

* Hull-free sprouts

the phenolics of seeds increased with germination. Fernández-Orozco et al. (2006) found that the total phenolic acids of lupin seeds increased 53% as compared with lupin sprouts after germination of nine days (27). Also, total phenolics of soybeans increased 1.5-2 fold after germination and increased with increasing germination time from 1 to 4 days (28). In addition, it was reported that total phenolic contents increased 2 fold in amaranth, quinoa and wheat sprouts and 4 fold in buckwheat sprouts with short time germination (29). Besides, Pérez-Balibrea et al. (2011) reported that phenolic acids of broccoli seeds increased 2-6 fold with germination of 3 days (30). Also, a significant increase (35-60 times) was determined in the polyphenol contents of quinoa sprouts after germination of 4 days in the darkness (20). Besides, the cultivar had a significant effect on phenolic content of soybean and broccoli sprouts (30, 31).

With germination of 5 days, a considerable increase ($P<0.05$) was observed in the free and esterified phenolic contents of two flaxseed cultivars. However, the increase in free phenolics of seeds was noticeably higher than esterified phenolics and this increase was significantly ($P<0.05$) higher in yellow seeds. After germination of 5 days, 6.5 and 3.1 fold increase was found in the free phenolics of yellow and brown seeds respectively and similarly 3.8 and 2.2 fold increase was determined in the esterified phenolics of seeds. Yellow seed sprouts (571.68 and 1437.27 mg/100 g dw respectively) had significantly ($P<0.05$) higher free and esterified phenolic contents than brown seed sprouts (451.80 and 1223.87 mg/100 g dw respectively) at 5 days (Table 2).

Also during germination from 5 to 13 days, free and esterified phenolics significantly ($P<0.05$) increased in 5-old-day flaxseed sprouts. Free phenolics increased (2.0 and 2.2 times respectively)

in 5-old-day yellow and brown seed sprouts and 1.6 fold increase was determined in the esterified phenolics of sprouts after 13 days for each cultivar. When flaxseeds were compared with 13-old-day sprouts, free phenolics increased more than esterified phenolics in seeds and yellow seed sprouts had higher phenolics than brown seeds at 13 days. Free and esterified phenolics increased 12.7 and 6.1 fold in yellow seeds and reached to 1120.25 and 2276.32 mg/100 g dw respectively after 13 days. However, free and esterified phenolics increased 6.9 and 3.5 fold in brown seeds and calculated as 998.27 and 1946.97 mg/100 g dw respectively (Table 2).

There were few differences between the percentages of free and esterified phenolics in flaxseeds and their sprouts (Figure 2). Esterified phenolics were significantly higher than free phenolics in seeds ($P<0.05$). The esterified phenolics represented 79.38 and 80.90% of the total phenolics in brown and yellow flaxseeds respectively. Esterified phenolics were also significantly higher than free phenolics in 5-old-day flaxseed sprouts ($P<0.05$).

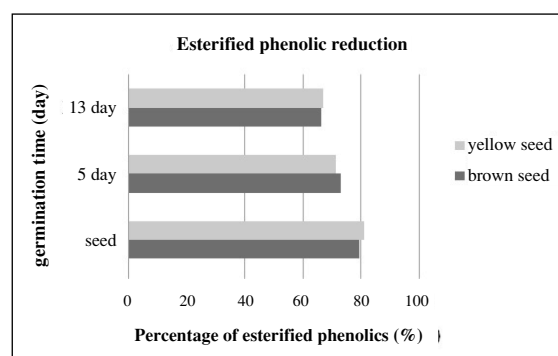


Figure 2. Change in the percentage of esterified phenolic acids with germination and from 5 to 13 days germination.

With germination (at 5 days) esterified phenolics decreased 73.04 and 71.54% in brown and yellow seed sprouts respectively. Also from 5 to 13 days, the

Table 2. Free and esterified phenolic content (mg ferrulic acid/100 g DM) of flaxseed and sprouts of brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) seed cultivars.

Phenolic acids	Cultivar	Germination time (day)					
		seed	5*	7*	9*	11*	13*
free	Brown flaxseed	143.89±10.07 ^a	451.80±19.25 ^a	509.12±31.06 ^a	684.31±35.45 ^a	711.74±29.61 ^b	998.27±62.29 ^c
	Yellow flaxseed	88.39±5.75 ^a	571.68±28.64 ^b	630.63±39.10 ^b	707.43±29.85 ^c	876.18±43.02 ^d	1120.25±60.72 ^e
esterified	Brown flaxseed	553.94±27.70 ^a	1223.87±61.32 ^b	1109.73±46.50 ^b	1648.95±76.68 ^c	1624.94±66.95 ^c	1946.97±78.66 ^d
	Yellow flaxseed	374.38±29.20 ^a	1437.27±74.59 ^b	1643.68±88.43 ^c	1754.29±95.26 ^c	1908.38±91.22 ^c	2276.32±117.23 ^d

Values are means±standard deviations of three (n=3) measurements

^{abcde} Values with different superscript letters within a row are significantly different at $p<0.05$

* Hull-free sprouts

percentage of esterified phenolics significantly ($P<0.05$) decreased in brown and yellow seed sprouts and represented 66.11 and 67.02% of total phenolics at the end of the germination time respectively (Figure 2).

Flavonoid content of flaxseeds and their sprouts

Figure 3 illustrated the total flavonoid content (expressed as mg luteolin/ 100 mg on dry matter) of brown and yellow flaxseeds and their sprouts. The results of this study showed germination time and cultivar had a significant ($P<0.05$) effect on free, esterified and total flavonoids. As total flavonoid content of brown flaxseeds was calculated as 16.15 mg/100 g dw, yellow seeds contained 18.36 mg/100 g dw and the cultivars differed significantly ($P<0.05$). A considerable increase (14.3 and 11.2 times respectively) was obtained in the total flavonoids of brown and yellow flaxseeds with germination of 5 days, and total flavonoids calculated as 231.17 and 205.22 mg/100 g dw in 5-old-day sprouts respectively. Also, total flavonoid contents of sprouts increased during germination (5-13 days).

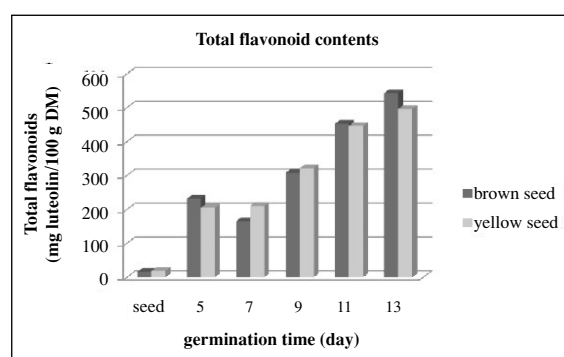


Figure 3. Comparison of total flavonoid content of brown and yellow flaxseeds and their sprouts.

After germination of 13 days, total flavonoid content of brown flaxseeds increased 33.5 times and reached to 543.22 mg/100 g dw in brown seed sprouts. On the other hand, total flavonoid content of yellow seed sprouts increased 26.8 fold and reached to 495.95 mg/100 g dw after 13 days. Also in the literature, it was reported that the flavonoid contents of seeds increased with germination. Lin and Lai (2006) reported that total flavonoid of soybeans increased with germination of one day and increased with increasing sprouting time up to 4 days (28). Also, a noticeable increase was determined in the amounts of total isoflavone of soybean seeds after germination of 5 days and isoflavone levels widely varied depending on the varieties (32). Besides, it was reported that flavonoids of broccoli seeds increased 2-3 fold with germination after 3 days whereas, flavonoids decreased during sprouting from 3 to 7 days and significant differences was found between broccoli cultivars (30). On the other hand, it was also reported that the isoflavonoid contents of 5-old-day soybean sprouts were 50-100 times higher than seeds and the cultivar had significant effect on isoflavonoid content of seeds and sprouts (31).

With germination (at 5 days), a noticeable increase was obtained in free and esterified flavonoid contents of flaxseeds. The increase in free flavonoids of seeds was higher than esterified flavonoids and this increase was significantly ($P<0.05$) higher in brown seeds. Brown seed sprouts had significantly ($P<0.05$) higher free flavonoids than yellow seed sprouts at 5 days. Free and esterified flavonoids increased 15.9 and 12.1 fold in brown seeds and reached to 150.52 and 80.65 mg/100 g dw respectively after germination of 5 days. Also free and esterified flavonoids increased 11.9 and 10.2 fold in 5-old day yellow seeds and calculated as 123.73 and 81.49 mg/100 g dw respectively (Table 3).

Table 3. Free and esterified flavonoid content (mg luteolin/100 g DM) of flaxseed and sprouts of brown (TR 77705) and yellow (TR 73572) seed cultivars.

Flavonoids	Cultivar	Germination time (day)					
		seed	5*	7*	9*	11*	13*
free	Brown flaxseed	9.47±0.64 ^a	150.52±8.10 ^b	106.08±7.75 ^c	204.68±12.59 ^d	380.44±19.25 ^e	420.17±17.82 ^f
	Yellow flaxseed	10.36±0.52 ^a	123.73±6.40 ^b	126.88±7.82 ^b	221.81±11.93 ^c	315.97±19.40 ^d	352.65±18.30 ^e
esterified	Brown flaxseed	6.68±0.53 ^a	80.65±4.15 ^b	59.73±3.63 ^c	103.18±5.17 ^d	72.13±4.39 ^e	123.05±5.64 ^f
	Yellow flaxseed	8.00±0.82 ^a	81.49±5.01 ^b	83.80±4.27 ^b	99.77±6.07 ^c	130.37±6.65 ^d	143.30±8.90 ^e

Values are means±standard deviations of three (n=3) measurements

^{abcd} Values with different superscript letters within a row are significantly different at $p<0.05$

* Hull-free sprouts

Also during germination (5-13 days), free and esterified flavonoids of sprouts significantly ($P<0.05$) increased. In brown seed sprouts, free and esterified flavonoids increased 2.8 and 1.5 fold respectively and similarly 2.9 and 1.8 fold increase was found in yellow seed sprouts after 13 days. When flaxseeds were compared with 13-old-day sprouts, free and esterified flavonoids of brown seeds increased 44.4 and 18.4 fold and reached to 420.17 and 123.05 mg/100 g dw in 13-old day sprouts respectively. However, free and esterified flavonoids of yellow seeds increased 43 and 17.9 fold and obtained 1120.25 and 2276.32 mg/100 g dw respectively (Table 3). Effect of cultivar was significant ($p<0.05$) for free and esterified flavonoids.

There were few differences between the percentages of free and esterified flavonoids in flaxseeds and their sprouts (Figure 4). Free flavonoids were significantly higher than esterified flavonoids in seeds and also 5-old-day sprouts ($P<0.05$). Free flavonoids represented 58.64 and 56.43% of the total flavonoids in brown and yellow flaxseeds respectively. With germination, this group increased 65.11 and 60.29% in brown and yellow seed sprouts after 5 days. Also, the percentage of free flavonoids in sprouts increased from 5 to 13 days and represented 77.35 and 71.11% of total flavonoids at 13 days respectively (Figure 4).

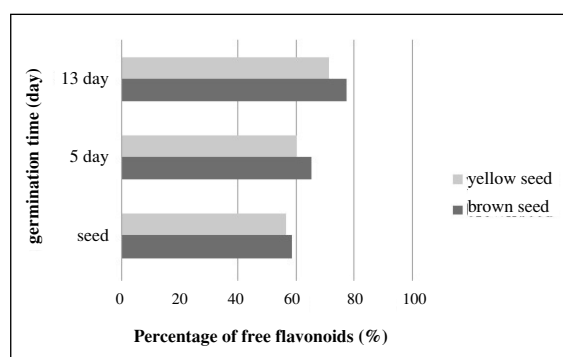


Figure 4. Change in the percentage of esterified flavonoids with germination and from 5 to 13 days germination.

CONCLUSIONS

Based on these results, it was concluded that germination and germination time had a significant ($P<0.05$) effect on SDG lignan, free and esterified phenolics and flavonoids of brown and yellow flaxseeds and their sprouts. SDG lignan contents showed a considerable decrease in brown and

yellow flaxseeds with germination process after 5 days whereas, total phenolic and flavonoid contents of flaxseeds rapidly increased with germination of 5 days. Especially, free and esterified flavonoid contents of seeds increased 10.2-15.9 fold after germination of 5 days. Also a noticeable increase was determined in the phenolic and flavonoid contents of flaxseed sprouts during germination from 5 to 13 days. Besides, cultivar had a significant ($P<0.05$) effect on phenolics. Also, maximum SDG lignan contents were obtained in brown and yellow seed sprouts after germination of 13 and 11 days respectively and cultivars were significantly different ($P<0.05$). Selection of the right flaxseed cultivar combined with a suitable germination time could provide good source of phenolics and flavonoids from flaxseed sprouts. It is a good way to use flaxseed sprouts as a functional ingredient in food industry and also they can be used to have flavour salads and sandwiches as well as additional components of bread at home.

Acknowledgements

This research was financed by TÜBİTAK as "The Support Programme for Scientific and Technological Research Projects (1001)" (project number: 108O498). The authors gratefully acknowledge Aegean Agricultural Research Institute for providing flaxseed cultivars and germination of flaxseeds and also Ege University Center of Drug Research & Development and Pharmacokinetic president and searchers for their technical helpings.

REFERENCES

1. Johnsson P, Peerlkampa N, Kamal-Eldina A, Andersson RE, Andersson R, Lundgren LN, Åman P. 2002. Polymeric fractions containing phenol glucosides in flaxseed. *Food Chem*, 76: 207-212.
2. Meagher LP and Beecher GR. 2000. Assessment of data on the lignan content of foods. *J Food Compos Anal*, 13: 935-947.
3. Rudnik E, Szczucinska A, Gwardiak H, Szulc A, Winiarska A. 2001. Comparative studies of oxidative stability of linseed oil. *Thermochimica Acta*, 370: 135-140.
4. Oomah BD, Kenaschuk EO, Mazza G. 1995. Phenolic Acids in Flaxseed. *J. Agric. Food Chem*, 43: 2016-2019.

5. Oomah B, Mazza G, Kenaschuk EO. 1996. Flavonoid content of flax seed. Influence of cultivar and environment. *Euphytica*, 90: 163-167.
6. Collins TFX, Sprando RL, Black TN, Olejnik N, Wiesenfeld PW, Babu US, Bryant M, Flynn TJ, Ruggles DL. 2003. Effects of flaxseed and defatted flaxseed meal on reproduction and development in rats. *Food Chem Toxicol*, 41: 819-834.
7. Bloedon LT and Szapary OP. 2004. Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutr Rev*. 62:18-27.
8. Hosseinian FS, Muir AD, Westcott ND, Krol ES. 2006. Antioxidant Capacity of Flaxseed Lignans in Two Model Systems. *JAACS*, 83 (10): 835-840.
9. Valstal LM, Killkinen A, Mazur W, Nurmi T, Lampi AM, Ovaskainen ML, Korhonen T, Adlercreutz H, Pietinen P. 2003. Phyto-oestrogen database of foods and average intake in Finland. *Br J Nutr*, 89 (1): 31-38.
10. Tan KP, Chen J, Ward WE, Thompson LU. 2004. Mammary gland morphogenesis is enhanced by exposure to flaxseed or its major lignan during suckling in rats. *Exp Biol Med*, 229: 147-157.
11. Chen J, Thompson LU. 2003. Lignans and tamoxifen, alone or in combination, reduce human breast cancer cell adhesion, invasion and migration in vitro. *Breast Cancer Res Treat*, 80: 163-170.
12. Thompson LU. 2003. Flaxseed, Lignans, and Cancer. In S. C. Cunnane, & L. U. Thompson (Eds.), *Flaxseed in human nutrition*. AOCS Press, 195-222 p.
13. Khattak AB, Zeb A, Bibi N, Khalil SA, Khattak MA. 2007. Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chem*, 104 (3): 1074-1079.
14. Plaz L, de Ancos B, Pilar Cano M. 2003. Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*.L) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying method. *Eur Food Res Technol*, 216: 138-144.
15. Badshah A, Zeb A, Sattar A. 1991. Effect of soaking, germination and autoclaving on selected nutrients of rapeseed. *Pak J Sci Ind Res*, 34: 446-448.
16. Sattar A, Badshah A, Zeb A. 1995. Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars. *Plant Foods Hum Nutr*, 47: 63-70.
17. Khattak AB, Zeb A, Khan M, Bibi N, Ihsanullah Khattak MS. 2007. Influence of germination techniques on sprout yield, biosynthesis of ascorbic acid and cooking ability, in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Chem*, 103 (1): 115-120.
18. Zanabria ER, Katarzyna N, De Jong LEQ, Birgit HBE, Robert MJN. 2006. Effect of food processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) IKMP-5 on the level of phenolics, phytate, iron and zinc. *J Sci Food Agric*, 86: 1391-1398.
19. Mao JJ, Dong JF, Zhu MY. 2005. Effect of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprout. *J Sci Food Agric*, 85, 943-947.
20. Pasko P, Barton H, Zagrodzki, Gorinstein, S, Folta M, Zachwieja Z. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem*, 115: 994-998.
21. ISTA. 1985. "Flax seed sprouts", International rules for seed testing. Seed Science and Technology.
22. AOAC. 1998. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, Washington D. C., USA.
23. Özkaynak Kanmaz E, Ova G. 2013. The Effective parameters for subcritical water extraction of SDG from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) using accelerated solvent extractor. *Eur Food Res Technol*, 237 (2): 159-166.
24. Özkaynak Kanmaz E. 2014. Subcritical water extraction of phenolic compounds from flaxseed meal sticks using accelerated solvent extractor (ASE). *Eur Food Res Technol*, 238 (1): 85-91.
25. Rouhi AM. 2000. Lignin and lignan biosynthesis. *Chemical & Engineering News, Science/technology*, 78 (46): 29-32.
26. Hahm TS, Park SJ, Lo YM. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. *Bioresour Technol*, 100: 1643-1647.
27. Fernández-Orozco R, Piskula MK, Zielinski H, Kozłowska H, Frias J, Vidal- Valverde C. 2006. Germination as a process to improve the antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* L. var. Zapaton. *Eur Food Res Technol*, 223: 495-502.
28. Lin PY, Lai HM. 2006. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *J Agric Food Chem*, 54: 3807-3814.

29. Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt EK, Gallagher E. 2010. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chem*, 119: 770-778.
30. Pérez-Balibrea S, Moreno DA, García-Viguera C. 2011. Genotypic effects on the phytochemical quality of seeds and sprouts from commercial broccoli cultivars. *Food Chem*, 125: 348-354.
31. Kim EH, Kim SH, Chung JI, Chi JH, Kim YA, Chung IM. 2004. Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions. *Eur Food Res Technol*, 222: 201-208.
32. Lee SJ, Ahn JK, Kahnh TD, Chun SC, Kim SL, Ro HM, Song HK, Chung IM. 2007. Comparison of isoflavone concentrations in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) sprouts grown under two different light conditions. *J Agric Food Chem*, 55: 9415-9421.

KARPUZUN (*Citrullus lanatus*) BAZI FİZİKSEL ve KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE AŞILI FİDE KULLANIMI ve HASAT ZAMANININ ETKİLERİ

Haluk Tokgöz*, Muharrem Gölükcü, Ramazan Toker, Demet Yıldız Turgut

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

Geliş tarihi / Received: 09.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 23.02.2015

Kabul tarihi / Accepted: 07.03.2015

Özet

Sebze yetiştiriciliğinde aşılı fide kullanımı önemli boyutlara ulaşmıştır. Aşılı fide kullanımının ürün kalitesinde bazı farklılıklara yol açabileceği düşünülmektedir. Araştırma kapsamında üç farklı anaç üzerine aşılanmış iki farklı karpuz çeşidinin iki hasat zamanına göre bazı kalite parametreleri analiz edilmiştir. Ürünlerin kalite özelliklerinde aşılama ve hasat zamanına göre bazı farklılıklar görülmüştür. Araştırma kapsamında analiz edilen örneklerin suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam kuru madde (TKM), toplam kül, toplam fenolik madde (TFM), likopen miktarları sırasıyla 8.00-9.60 °briks; %8.38-9.92, %0.21-0.30, 92.34-234.40 mg/kg, 55.78-82.58 mg/kg değerleri arasında dağılım göstermiştir. Örneklerde mineral maddelerden potasyum, magnezyum, fosfor, kalsiyum, demir ve çinko içerikleri ise kurumadde üzerinden sırasıyla %1.10-1.54, %0.14-0.65, %0.16-0.23, %0.08-0.18, 16.96-25.54 mg/kg, 2.41-3.69 mg/kg aralığında değişmiştir. Sonuç olarak aşılı fide kullanımı mineral maddeler açısından avantaj sağlamış, ikinci hasat dönemi örnekleri birinci hasat dönemine göre daha avantajlı olmuştur.

Anahtar kelimeler: *Citrullus lanatus*, Karpuz, Aşılı Fide, Hasat Zamanı, Kalite

EFFECTS of GRAFTING and HARVESTING TIME on SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS of WATERMELON (*Citrullus lanatus*)

Abstract

Grafting is becoming highly popular in vegetable growing. On the other hand, grafting process in fruits and vegetable production could lead to some changes in quality parameters. The objective of this study was to evaluate effects of grafting on three different rootstocks and harvesting time on some physical and chemical properties of two commercial watermelon cultivars. Results showed that there were statistically differences in some quality parameters of watermelon depends on grafting and harvesting time factors. Water soluble dry matter, total dry matter, total ash, total phenolic matter and lycopene contents were ranged between 8.00-9.60 °brix; 8.38-9.92%, 0.21-0.30%, 92.34-234.40 mg/kg, 55.78-82.58 mg/kg, respectively. The mineral content of the watermelon was 1.10-1.54% for potassium, 0.14-0.65% for magnesium, 0.16-0.23% for phosphorus, 0.08-0.18% for calcium, 16.96-25.54 mg/kg for iron, 2.41-3.69 mg/kg for zinc on dry matter base. As a result, grafted seedling using in watermelon production provided advantages for these mineral matters. And, second harvesting time samples were richer than first harvesting for the analyzed functional components.

Keywords: *Citrullus lanatus*, Watermelon, Grafting, Harvesting Time, Quality

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ haluktokgoz@yahoo.com,

© (+90) 242 321 6797,

☎ (+90) 242 321 1512

GİRİŞ

Karpuz (*Citrullus lanatus*) dünyada tarımı yapılan önemli bir sebze türü olup, tropik ve subtropik bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir (1). 2012 yılı verilerine göre karpuzda en fazla üretim (70243067 ton) Çin'de yapılmaktadır. Türkiye 4044184 ton ile ikinci sırada yer almaktadır (2).

Son yıllarda sebze üretim teknolojilerinde yapılan yeniliklerden birisi de aşılı fide kullanımıdır. Oda (3) aşılı fide kullanımının başta karpuz olmak üzere salatalık, kavun, domates ve patlıcan gibi ürünlerde yaygın olduğunu bildirmektedir. Türkiye'de 1998 yılında 70 bin adet olan aşılı fide kullanımı 2007'de 51 milyonu aşmıştır (4).

Sebze üretim sektöründe aşılı fide kullanımındaki artışın nedenleri arasında; yüksek verim, aşılı fidelerin güçlü kök sisteminden dolayı tarımsal girdilerin (su, gübre, tarımsal ilaçlar vb) kullanımında tasarruflar sağlanması, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, çevresel faktörlerden daha az etkilenme (sıcaklık, ışık vb), güçlü kök sisteminden dolayı topraktaki besinlerden daha iyi faydalanma gibi avantajlar sayılabilir (3, 5, 6). Yetiştir ve Sarı (7) karpuzda aşılı fide kullanımının kullanılan kabak anacı (*Cucurbita* ve *Lagenaria* tipi) ve bazı temel kalite kriterleri üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada özellikle *Lagenaria* tipi aşılı fide kullanımının aşı tutma oranının *Cucurbita* tipi anaca göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca aşılı fide kullanımının bitki gelişimi ve verim üzerinde olumlu etkiye sahip olmasına rağmen meyve kalitesinde (SÇKM ve meyve ağırlığı) belirgin bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Alan vd (8) farklı kabak anaçları üzerine aşılanmış Crisby karpuz çeşidinin bitki gelişimi, verim ve kalite özelliklerini araştırmışlardır. Kalite özellikleri kapsamında meyve indeksi (meyve boyu/meyve eni), kabuk kalınlığı ve SÇKM değerleri analiz edilmiştir. Kontrol örneğinde SÇKM değeri 9.70-11.13 °briks değerleri arasında değişim gösterirken aşılı örneklerde bu değer 9.28- 10.20 °briks arasında değişim göstermiştir. Ancak aşılı fide kullanımının ve hasat zamanının karpuzun bazı temel özellikleri dışında fonksiyonel özellikleri (likopen, fenolik madde, mineral madde vb) üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen iki karpuz çeşidinde, aşılı fide kullanımının kullanılan anaç ve hasat zamanına göre ürünün önemli fiziksel ve kimyasal özellikler ile fenolik madde, likopen içeriği, CIE *L*, *a**, *b**, C, h renk

değerleri ve bazı mineral madde içerikleri üzerine olan etkilerini durumu ortaya koymaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (BATEM) yürütülmüştür. Yetiştiriciliği yapılan karpuzlar (dikim tarihi: 03/05/2012 hasat tarihleri: 12/07/2012-22/07/2012), gıda teknolojisi laboratuvarında analize alınmıştır. Çalışmada, ülkemizde yetiştiriciliği en fazla yapılan Crisby F1 ve Crimson Tide F1 karpuz çeşitleri kullanılmıştır. Anaç olarak, Argentario isimli hibrit su kabağı ile *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* melezi Maximus ve RS841 F1 denemeye alınmıştır. Kontrol olarak, aşısız Crisby ve Crimson Tide çeşitleri kullanılmıştır.

Örneklerde kabuk kalınlığı kumpas yardımıyla, pH'sı da pH metre (Mettler Toledo, Seven Easy, İsviçre) ile ölçülerek tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği potansiyometrik olarak örneklerin pH'sı 8.1'e kadar titre edilerek susuz sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (11). Meyve sertliği; karpuzda, meyve iki eşit parçaya bölünerek meyve etinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla el tipi penetrometre (FHT-802) kullanılmıştır. Örneklerde suda çözünen kuru madde miktarı dijital refraktometre (A. Krüss Optronic GmbH DR6000T, Almaya) ile refraktometrik olarak belirlenmiştir. Toplam kurumadde miktarı örneklerin etüvde 70 °C de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmasıyla, toplam kül miktarı örneğin kül fırınında 550±25 °C'de tamamen yakılmasıyla belirlenmiştir (9). Örneklerin mineral madde içeriğini belirlemek için örnekler öncelikle mikrodalga yakma ünitesinde yakılmıştır. Yakma sonrasında elde edilen örneklerde her bir mineral madde (K, Ca, Mg, Fe, Zn) miktarını tespit etmek için ICP (Varian 720) aygıtı kullanılmıştır (10). Fosfor analizleri ise vanadomolibdofosforik sarı renk metoduna (11) göre gerçekleştirilmiştir. Renk tespiti Minolta CR 400 cihazı (Konica Minolta, Japonya) ile CIE *L*, *a**, *b**, kroma (C), renk yoğunluk açısı (h) renk değerlerinin ölçülmesi ile belirlenmiştir. Örneklerde ölçüm üç farklı noktadan D65 ışık kaynağı kullanılarak okunan renk değerlerinin ortalaması alınarak yapılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce cihaz beyaz seramik kalibrasyon plakası (CR-A43) ile kalibre edilmiş ve tüm ölçümler beyaz bir zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir (12).

Örneklerde likopen analizi için 50 ml'lik falkon tüp içersine yaklaşık 0.5 g örnek tartılmış ve örnek üzerine 5 ml %0,05 BHT içeren aseton, 5 ml

%95'lik etanol ve 10 ml hekzan eklenmiştir. Hazırlanan bu karışım orbital çalkalayıcıda (Heidolph Unimax 2010, Almanya) 180 rpm'de 4 °C'de ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Bu sürenin sonunda örnek karışımı üzerine 3 ml saf su eklenerek 5 dakika daha çalkalama işlemine devam edilmiştir. Tüpler oda sıcaklığında faz ayrımı oluşuncaya kadar bekletildikten sonra likopen içeren üst fazdan ölçümler yapılmıştır. Ölçümler UV-Vis spektrofotometrede (UV-1800, Shimadzu, Japonya) 503 nm'de gerçekleştirilmiştir (13). Toplam fenolik madde miktarı meyve suyundan santrifüj yoluyla elde edilen ekstraktlarda yapılmıştır. TFM spektrofotometrik yöntemle 765 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir (14).

Deneme tesadüf parsellerine göre 3 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Analizler ise iki paralelli olarak yürütülmüş, sonuçlar SAS programı kullanılarak varyans analizi (verilmemiştir) ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuş (15).

SONUÇ ve TARTIŞMA

Araştırma kapsamında kullanılan üç anaç üzerine aşılama Crisby ve Crimson Tide karpuz çeşitleri ve kontrol olarak kullanılan aşısız bu iki karpuz çeşidinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Örneklerin kabuk kalınlığı üzerine araştırma kapsamında etkileri araştırılan aşılamanın (anaçXçeşit) etkisi önemli, hasat zamanının etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz düzeyde kalmıştır ($P>0.05$). Maximus anacı üzerine aşılı olanlar diğer anaçlar üzerine aşılı olanlara göre daha yüksek kabuk kalınlığına sahip olmuştur.

Alexopoulos vd (16) dört farklı anaç üzerine aşılama Crimson Sweet çeşidinde kabuk kalınlığını aşılı bitkilerde daha fazla bulmuşlardır. Karaca vd (17) aşılı Crimson Tide örneklerinde kabuk kalınlığı 16.3 mm ile 21.1 mm arasında bulmuş, aşısız Crimson Tide çeşidinde kabuk kalınlığını 14.8 mm olarak tespit etmişlerdir. Veriler, karpuzda kullanılan anaç ve çeşitlere göre kabuk kalınlığında farklılıklar olabileceğini göstermektedir.

Meyve ve sebzelerin önemli fiziksel kalite özelliğinden birisi de sertliğidir. Elde edilen veriler örneklerin ortalama meyve eti sertliği üzerine aşılama ve hasat zamanının etkisinin önemli ($P<0.05$) olduğunu göstermektedir. En yüksek meyve eti sertliği RS841 üzerine aşılı Crimson Tide çeşidinde, en düşük meyve eti sertliği ise Maximus anacı üzerine aşılı Crisby çeşidinde bulunmuştur. Bulgularımız genel olarak aşılı olan karpuzlarda ölçülen meyve eti sertliğinin aşısız olanlardan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Karaca vd (17) yaptıkları çalışmada farklı anaçlar üzerine aşılama Crimson Tide çeşidi içi meyve eti sertlik değerlerini 7.2 N ile 8.0 N arasında bulmuşlardır. Meyve eti sertliği üzerinde hasat zamanının etkisi ise oldukça belirgin olmuştur. Yapılan iki hasat arasında meyve eti sertliğinden %52 düşüş meydana gelmiştir. Hasat zamanının etkisi üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Meyve sebzelerin bir diğer önemli kalite kriteri titrasyon asitliği ve bununla bağlantılı olarak pH değerleridir. Araştırma bulguları örneklerin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine aşılama ve hasat zamanı faktörlerinin önemli etkisi olduğunu göstermektedir (Çizelge 1). Kullanılan anaç ve çeşide bağlı olarak örneklerin pH ve titrasyon

Çizelge 1. Karpuzlarda anaç, çeşit ve hasat zamanına göre bazı kalite özellikleri ortalama değerleri ait Duncan Testi Sonuçları (Ortalama± Standart Hata).

Table 1. Duncan Multiple Comparison Test results of some quality parameters with respect to rootstocks, cultivars and harvesting time of watermelon (mean±standard error).

Örnek Sample	Kabuk Kalınlığı (cm) Rind Thickness (cm)	Sertlik (N) Firmness (N)	pH	Titrasyon Asitliği (%) Titratable Acidity (%)
AgentarioXCrisby	1.53 ^{abc} ±0.048	9.56 ^{ab} ±2.51	5.44 ^a ±0.058	0.068 ^e ±0.007
AgentarioXCrimson Tide	1.38 ^b ±0.048	9.34 ^{abc} ±2.35	5.23 ^{cd} ±0.055	0.089 ^a ±0.002
MaximusXCrisby	1.70 ^a ±0.091	7.68 ^{cd} ±1.49	5.20 ^d ±0.089	0.086 ^{bc} ±0.007
MaximusXCrimson Tide	1.63 ^{ab} ±0.048	10.45 ^a ±1.82	5.20 ^d ±0.085	0.090 ^a ±0.004
RS841XCrisby	1.43 ^{bc} ±0.063	10.23 ^a ±2.58	5.35 ^b ±0.091	0.062 ^f ±0.008
RS841XCrimson Tide	1.58 ^{abc} ±0.063	10.68 ^a ±2.49	5.18 ^d ±0.079	0.085 ^c ±0.005
Crisby	1.50 ^{bc} ±0.091	8.12 ^{bcd} ±1.48	5.31 ^{bc} ±0.052	0.088 ^{ab} ±0.001
Crimson Tide	1.48 ^{bc} ±0.095	7.34 ^c ±0.43	5.43 ^a ±0.139	0.080 ^d ±0.007
1.Hasat (1 th harvest)	1.49±0.049	12.37 ^a ±0.64	5.16 ^b ±0.029	0.090±0.002
2. Hasat (2 nd harvest)	1.56±0.029	5.98 ^b ±0.22	5.42 ^a ±0.032	0.072 ^b ±0.003

Her sütündeki farklı harfler (faktörlere göre) ortalamalar arasında $P<0.05$ seviyesinde fark olduğunu göstermektedir.

Means followed by different letter within same column (factors) are significantly different at $P<0.05$.

asitliği değerlerinde bazı farklılıklar meydana gelmiştir. En yüksek pH değeri 5.44 ile Agentario anacı üzerine aşılı Crisby çeşidinde, en düşük pH değeri ise 5.18 ile RS841 anacı üzerine aşılı Crimson Tide çeşidinde ölçülmüştür. İki hasat zamanı arasında ise örneklerin pH değerinde daha belirgin bir değişim olmuştur. Birinci hasat dönemi örneklerinde ölçülen pH değeri 5.16 iken, ikinci hasat dönemi örneklerinde tespit edilen ortalama pH değeri 5.42 olmuştur. Örneklerin titrasyon asitliği değerlerinde benzer durum gözlemlenmiştir. Susuz sitrik asit cinsinden hesaplanan titrasyon asitliği değerleri örneklerde %0.062-0.090 arasında dağılım göstermiştir. Örneklerin titrasyon asitliği değerlerinde iki hasat zamanı arasında %21'lik bir fark tespit edilmiştir. Proietti vd (18) de yaptıkları çalışmada aşılı ve aşısız karpuzlarda sırasıyla pH değerini 5.61 ve 5.61; titrasyon asitliğini de %0.10 ve %0.08 olarak ortaya koymuşlardır. Araştırmamız kapsamında analiz edilen örneklerin pH değerleri literatür değerlerine göre daha düşük bulunmuştur. Bu farklılığın başta çeşit ve anaç farklılığı olmak üzere yetiştirme koşullarındaki farklılıklarından ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Araştırma kapsamında örneklerde tespiti yapılan SÇKM, TKM, toplam kül, TFM ve likopen analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırma kapsamında karpuz örneklerinin en önemli özelliklerinden birisi olan SÇKM miktarı 8.00-9.60 °briks; TKM oranı ise %8.38-9.92 arasında değişim göstermiştir. Örneklerin SÇKM ve TKM içerikleri üzerine aşılama ve hasat zamanı faktörlerinin etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Genel bir değerlendirme yapıldığında Crisby çeşidinin aşılı ve aşısız olanlarının SÇKM ve TKM içerikleri arasında rakamsal olarak benzerlikler olduğu

görülmektedir. Ancak Crimson Tide çeşidi için aşısız olanların SÇKM ve TKM içerikleri aşılı olanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın çeşit özelliğinden ileri gelebileceği düşünülmektedir. Yetişir ve Sarı (7) ile Petropoulos vd (19) karpuzda aşılı fide kullanımının SÇKM içeriği üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı saptamışlardır. Alan vd (8) farklı kabak anaçları üzerine aşılanmış Crisby karpuz örneklerinin SÇKM değerlerini analiz etmişlerdir. Kontrol örneğinde SÇKM değeri 9.70-11.13 değerleri arasında değişim gösterirken aşılı örneklerde bu değer 9.28 ile 10.20 arasında değişim göstermiştir. Alexopoulos vd (16) de dört farklı anaç üzerine aşılanmış Crimson Sweet çeşidi üzerine yaptıkları çalışmada aşısız örneklerde daha düşük SÇKM tespit etmişlerdir. Colla vd (20) tarafından yapılan çalışmada da iki farklı anaç üzerine aşılanmış Tex karpuz çeşidinin TKM miktarının %9.18-10.74, aşısız olan karpuzda da bu değer %9.23-10.01 aralığında dağılım gösterdiğini tespit edilmiştir. Araştırma bulgularımız Crimson Tide çeşidi için literatür değerleri ile benzer durum olduğunu göstermektedir. Örneklerin SÇKM ve TKM içeriği hasat zamanına göre de değişiklik göstermiş, ikinci hasat dönemi örneklerinde her iki parametre değeri de daha yüksek bulunmuştur.

Analiz edilen örneklerdeki ortalama toplam kül miktarları %0.21 ile %0.30 arasında değişim göstermiş olup, özellikle anaçlar arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Uygulamaların etkinliği değerlendirildiğinde aşılı olanların bazılarının kül içeriği aşısız olanlardan daha yüksek iken bazılarının ise daha düşük olmuştur. Genel bir değerlendirme yapıldığında RS841 anacı üzerine aşılı olanların kül içeriklerinin diğerlerine oranla daha yüksek

Çizelge 2. Karpuzlarda anaç, çeşit ve hasat zamanına göre ortalama bazı kimyasal özelliklerine ait Duncan testi sonuçları (Ortalama±Standart Hata).

Table 2. Duncan Multiple Comparison Test results of chemical quality parameters with respect to rootstocks, cultivars and harvesting time of watermelon (mean±standard error).

Örnek Sample	SÇKM (°briks) °Brix	TKM (%) Total Dry Matter(%)	T. Kül (%) Total Ash (%)	TFM (mg/kg) Total Phenolic Matter (mg/kg)	Likopen (mg/kg) Lycopene (mg/kg)
AgentarioXCrisby	8.28 ^{cd} ±0.275	8.78 ^{cd} ±0.260	0.21 ^a ±0.015	157.88 ^d ±41.72	65.01 ^{ab} ±3.91
AgentarioXCrimson Tide	8.90 ^b ±0.520	9.47 ^b ±0.556	0.22 ^{ab} ±0.009	157.73 ^d ±37.78	69.03 ^{ab} ±6.09
MaximusXCrisby	8.13 ^{ef} ±0.275	8.70 ^{cd} ±0.308	0.28 ^b ±0.006	163.58 ^d ±41.49	55.78 ^b ±3.15
MaximusXCrimson Tide	8.00 ^f ±0.376	8.38 ^a ±0.335	0.23 ^{cd} ±0.026	158.45 ^d ±37.57	82.58 ^a ±10.31
RS841XCrisby	8.13 ^{ef} ±0.048	8.75 ^{cd} ±0.023	0.30 ^a ±0.006	158.22 ^d ±39.06	70.55 ^{ab} ±4.70
RS841XCrimson Tide	8.48 ^{bc} ±0.103	8.90 ^c ±0.039	0.27 ^{bc} ±0.012	163.32 ^d ±41.42	72.83 ^{ab} ±3.40
Crisby	8.20 ^{de} ±0.235	9.00 ^c ±0.319	0.21 ^a ±0.015	181.00 ^a ±48.15	65.43 ^{ab} ±5.24
Crimson Tide	9.60 ^a ±0.530	9.92 ^a ±0.608	0.26 ^c ±0.018	166.81 ^b ±40.95	71.22 ^{ab} ±10.13
1.Hasat (1 th harvest)	8.42 ^{bc} ±0.182	8.95 ^b ±0.196	0.22 ^b ±0.010	92.34 ^b ±0.89	66.26±3.50
2.Hasat (2 nd harvest)	8.51 ^a ±0.214	9.02 ^a ±0.204	0.27 ^a ±0.007	234.40 ^a ±3.25	71.84±3.18

Her sütündeki farklı harfler (faktörlere göre) ortalamalar arasında $P<0.05$ seviyesinde fark olduğunu göstermektedir.

Means followed by different letter within same column (factors) are significantly different at $P<0.05$.

olduğu görülecektir. Çeşitlerin aşısız olanları karşılaştırıldığında da Crimson Tide çeşidinin kül içeriğinin Crisby çeşidine oranla daha yüksek olduğu ortadadır. Bu veriler kullanılan anaç ve çeşitlere göre karpuzun kül içeriğinde önemli farklılıklar olabileceğini göstermektedir. İkinci hasat dönemi örneklerinin toplam kül içeriği birinci hasat dönemine göre daha yüksek olmuştur. Baysal vd (21) karpuzun toplam kül içeriğini %0.3 olarak bildirmiştir. Bulgular ile literatür değeri arasında benzerlikler vardır.

Çalışma kapsamında meyve-sebzelerin önemli fonksiyonel özelliklerinden olan toplam fenolik madde içerikleri karpuz örneklerinde belirlenmiştir. Araştırma kapsamında analiz edilen örneklerin TFM içeriği 92.34-234.40 mg/kg değerleri arasında değişim göstermiştir. Örneklerin TFM içerikleri de aşılama ve hasat zamanı faktörlerinden önemli oranda ($P<0.05$) etkilenmiştir. Aşısız örneklerin TFM içeriği aşılı olanlara göre genel olarak daha yüksek olmuştur. En yüksek TFM içeriği aşısız Crisby çeşidinde tespit edilmiş bunu aşısız Crimson Tide çeşidi takip etmiştir. Anaçlara göre bir değerlendirme yapıldığında da Agentario anacı üzerine aşılı olanlar diğer iki anaç üzerine aşılı olanlara göre daha düşük TFM içeriğine sahip olmuştur. Örneklerin TFM içeriğinde hasat zamanına göre ise oldukça belirgin bir değişim olmuştur. İkinci hasat dönemi örneklerinin ortalama TFM içeriği birinci hasat dönemi ortalamasının yaklaşık 2.5 katı olarak tespit edilmiştir. Bu da hasat zamanının tüketici tercihleri de değerlendirilerek biraz geciktirilmesinin ürün fonksiyonelliği açısından daha faydalı olacağını göstermektedir. Tlili vd (22) yaptıkları çalışmada 6 karpuz çeşidinde TFM miktarının 89.7-127.2 mg/kg (taze meyve) aralığında dağılım gösterdiğini bulmuşlardır. Bulgularımız ortalama değerlere göre literatür değerlerinden biraz yüksektir. Bunun başta çeşit olmak üzere yetiştirme ve iklim koşulları, hasat zamanı gibi faktör farklılıklarından ileri gelebileceği düşünülmektedir. Nitekim birinci hasat ortalama verileri ile literatür değerleri benzerlikler göstermekte iken ikinci hasat dönemi örnekleri bu verilerden daha yüksektir.

Karpuzun karakteristik kırmızı rengi üzerinde likopenin belirleyici rolü vardır. Karpuzda en yüksek oranda olan karotenoit likopendir (22). Yapılan çalışmada karpuzda likopen miktarının 55.78 ile 82.58 mg/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Hasat zamanına göre örneklerin likopen içerikleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Aşılama uygulamalarına göre ise

bazı uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmaktadır. Aşılı ve aşısız Crimson Tide çeşidinin likopen içerikleri Crisby örneklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun bir çeşit özelliği olduğu düşünülmektedir. Hasat zamanına göre bir değerlendirme yapıldığında da istatistiksel olarak olmasa da rakamsal olarak ikinci hasat dönemi örneklerinin ortalama likopen içeriği birinci hasat dönemi ortalamasından daha yüksektir.

Olives-Barba vd (23) karpuzunda içinde olduğu bazı sebzelerin likopen içeriklerini analiz etmişlerdir. Çalışmada materyal olarak kullanılan karpuzun likopen içeriği 6.5-7.3 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Tadmor vd (24) tarafından yapılan çalışmada da karpuzun likopen içeriği 4.88 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Tlili vd (22) tarafından yapılan çalışmada 6 karpuz çeşidinde likopen içeriklerinin 47.4-112.0 mg/kg aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bulgularımız genel olarak literatür değerleri ile benzerlikler göstermektedir. Araştırma bulguları arasında görülen farklılıkların başta incelenen çeşit olmak üzere yetiştirme teknikleri, iklim ve toprak gibi faktörlerdeki farklılıklar ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Araştırmamıza konu olan karpuz örneklerinde kuru madde üzerinden bazı makro ve mikro besin element içerikleri analiz edilmiş, sonuçlar aşılama uygulamaları ve hasat zamanına göre Çizelge 3'te verilmiştir. Örneklerin mineral madde içerikleri aşılama uygulaması ve hasat zamanına göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0.05$). Hücrelerde ozmotik basıncın dengelenmesinde, kasların kasılıp-gevşemesinde, sinir uyarılarının iletiminde görev almakta (25) olan potasyum örneklerde %1.10-1.54 aralığında dağılım göstermiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında aşılı karpuzların aşısız olanlara göre daha yüksek K içeriğine sahip olduğu söylenebilir. Anaçlar arasında da Maximus üzerine aşılı olanlar diğerlerine göre daha yüksek K içeriğine sahip olmuştur. Hasat zamanına göre değerlendirme yapıldığında da ikinci hasat dönemi örneklerinin ortalama K içeriği birinci hasat dönemi ortalamasından daha yüksek olmuştur. Diğer makro besin elementlerine göre karpuzda daha yüksek oranda bulunan bir diğer element olan magnezyum, gıda bileşenlerinin metabolize edildiği enzimatik reaksiyonların çoğunda görev alan bir mineral maddedir (25, 26). Magnezyum örneklerde %0.14-0.65 aralığında değişen oranlarda bulunmaktadır. Potasyumda olduğu gibi magnezyumda aşılı olan karpuzlarda daha yüksek

oranda bulunmaktadır. Bu anlamda da özellikle Agentario anacı öne çıkmaktadır. Hasat zamanlarına göre bir değerlendirme yapıldığında ise magnezyum diğer besin elementlerinin aksine birinci hasat dönemi örneklerinde daha yüksek bulunmuştur. Örneklerde miktarı tespit edilen makro elementlerden biri olan fosfor, sinir sisteminin çalışması, vücutta ozmotik basınç ve pH'nın dengelenmesinde, enerji metabolizmasında ve hücre çalışmasında görev almaktadır (25, 27). Örneklerin P içeriği uygulamalara göre önemli farklılıklar göstermiş olup %0.16-0.23 aralığında dağılım göstermiştir. Potasyumda olduğu gibi bu element için de Maximus anacı ön plana çıkmıştır. Ancak bu element için aşılı ve aşısız olan karpuzlar arasında belirgin bir farklılık görülemez. Hasat zamanına göre bir değerlendirme yapıldığında da ikinci hasat dönemi örneklerinin fosfor içeriği ortalamasının birinci hasat dönemi ortalamasından yüksek olduğu görülecektir. Örneklerde miktarı tespit edilen bir diğer element olan kalsiyum pankreatik lipaz, adenosin trifosfat ve bazı proteolitik enzimlerin çalışmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu element hücre zarı geçirgenliğini artırarak besin maddelerinin emilimini hızlandırmaktadır (26). Örneklerdeki kalsiyum miktarı %0.08-0.18 arasında dağılım göstermektedir. Kalsiyum içeriği Maximus anacı üzerine aşılansız olan Crisby örneğinden en yüksek olmuştur. Kalsiyumda da ikinci hasat dönemi örnekleri daha zengin olmuştur.

Araştırma kapsamında miktarı belirlenen mikro elementlerden demir ve çinko düzeyleri aşılama ve hasat dönemine göre örneklerde önemli oranda farklılıklar göstermiştir. Vücutta oksijen taşıma özelliği olan demiri yetişkinlerin günde 10-15 mg kadar almaları gerektiği bildirilmektedir (25). Örneklerin demir içeriği 16.96-25.54 mg/kg arasında değişim göstermiştir. En yüksek demir içeriğine sahip örnek RS841 üzerine aşılı Crisby örneği olmuştur. Hasat dönemine göre değerlendirme yapıldığında da örneklerin ortalama demir içerikleri ikinci hasat döneminde birinci hasat dönemi örneklerine göre daha yüksek olmuştur. Örneklerde miktarı belirlenen bir diğer element çinkodur. Vücutta karbonhidrat ve protein metabolizmasında görev alan, hücre bölünmesinde büyümede rolü olan çinko (25) içeriği üzerine de aşılama ve hasat dönemi faktörlerinin etkisi önemli olmuştur. Örneklerin çinko içerikleri 2.41-3.69 mg/kg değerleri arasında dağılım göstermiştir. Aşılı olan örneklerin çinko içerikleri aşısız olan kontrol örneklerine göre daha yüksek olmuştur. Aşılı

olanlar arasında da farklı anaçlar üzerine aşılı olan Crisby çeşidinin çinko içeriği Crimson Tide çeşidine göre daha yüksek olmuştur. Diğer elementlerde de olduğu ikinci hasat dönemi örneklerinin çinko içeriği birinci hasada oranla daha yüksek olmuştur. Literatür değerlerine bakıldığında karpuzda potasyum, magnezyum, fosfor, kalsiyum, demir ve çinko miktarları sırasıyla potasyum 112 mg/100g, 10 mg/100g, 11 mg/100g, 7 mg/100g, 0.24 mg/100 g ve 0.10 mg/100g olarak verilmiştir (28). Baysal vd (21) de karpuzun 100 gramında 100 mg potasyum, 10 mg fosfor, 7 mg kalsiyum bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırma kapsamında analiz edilen karpuzun toplam kurumadde içeriğinin yaklaşık %10 olduğu dikkate alındığında bulgularımızın literatür değerleri ile benzerlikler gösterdiği görülecektir.

Gıda ürünlerinin önemli bir kısmının tüketilebilirliğini belirleyen en önemli özelliklerden birisi rengidir. Araştırma kapsamında karpuz örneklerinde gerçekleştirilen bir diğer analiz grubu da renk değerleridir. Üretilen örneklerin ortalama CIE *L*, *a**, *b**, C, h renk değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Örneklerin tüm renk değerleri üzerine hasat zamanının etkisi önemsiz olmuştur. Aşılama uygulamalarının etkisine bakıldığında da *L* renk değeri üzerine uygulamaların etkisi önemsiz iken diğer renk bileşenleri üzerine olan etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Örneklerin CIE *L* renk değeri 35.26 ile 37.17 arasında değişim göstermiştir. En yüksek *L* renk değeri aşısız örneklerde tespit edilmiştir. İkinci hasat dönemi *L* renk değeri de birinci hasat dönemine göre daha yüksek olmuştur. Karpuzun en belirleyici renk bileşeni kırmızılık olup kırmızılık göstergesi olan *a** renk değeri kullanılan anaca göre istatistiksel değişim göstermiştir. Aşılı örnekler arasında en yüksek *a** renk değeri Maximus üzerine aşılı Crimson Tide çeşidinde olmuş bunu 29.15 *a** renk değeri ile aşısız Crimson Tide çeşidi takip etmiştir. En düşük *a** renk değeri ise Agentario anacı üzerine aşılı olan Crimson Tide çeşidinde tespit edilmiştir. Hasat dönemlerine göre ise *a** renk değerinde önemli bir değişim görülmemiştir. Sarı renk göstergesi olan pozitif *b** renk değerleri 12.98 ile 16.62 arasında dağılım göstermiştir. CIE *a** renk değerinde olduğu gibi en düşük *b** renk değeri de Agentario anacı üzerine aşılı olan Crimson Tide çeşidinde saptanmıştır. En yüksek *b** renk değeri ise Maximus üzerine aşılı Crisby çeşidinde belirlenmiştir. CIE *a** renk değerinde olduğu gibi *b** renk değerinde de hasat

Karpuzun (*Citrullus lanatus*) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri...

Çizelge 3. Karpuzlarda anaç, çeşit ve hasat zamanına göre ortalamaları bazı mineral madde miktarlarına ait Duncan Testi sonuçları (Oralama±Standart Hata).

Table 3. Duncan Multiple Comparison Test results of some mineral matters with respect to rootstocks, cultivars and harvesting time of watermelon (mean±standard error).

Örnek Sample	K (%)	Mg (%)	P (%)	Ca (%)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
AgentarioXCrisby	1.36 ^c ±0.022	0.64 ^a ±0.286	0.17 ^c ±0.011	0.11 ^c ±0.004	21.83 ^c ±0.633	3.69 ^a ±0.079
AgentarioXCrimson Tide	1.26 ^b ±0.018	0.65 ^a ±0.287	0.16 ^b ±0.006	0.12 ^b ±0.004	23.10 ^b ±0.571	2.60 ^b ±0.063
MaximusXCrisby	1.54 ^d ±0.016	0.16 ^b ±0.006	0.23 ^a ±0.008	0.18 ^a ±0.006	16.96 ^d ±0.607	3.65 ^a ±0.155
MaximusXCrimson Tide	1.40 ^b ±0.019	0.16 ^b ±0.009	0.22 ^{ab} ±0.006	0.13 ^b ±0.005	23.14 ^b ±0.525	2.45 ^b ±0.155
RS841XCrisby	1.32 ^d ±0.043	0.15 ^b ±0.006	0.14 ^d ±0.006	0.09 ^d ±0.004	25.54 ^a ±0.443	3.12 ^b ±0.079
RS841XCrimson Tide	1.35 ^{cd} ±0.036	0.15 ^b ±0.009	0.17 ^c ±0.006	0.13 ^b ±0.006	21.26 ^c ±0.673	2.49 ^b ±0.180
Crisby	1.10 ^b ±0.049	0.15 ^b ±0.006	0.22 ^{ab} ±0.006	0.08 ^d ±0.004	21.72 ^c ±0.376	2.52 ^b ±0.112
Crimson Tide	1.27 ^a ±0.070	0.14 ^b ±0.006	0.21 ^b ±0.008	0.13 ^b ±0.006	21.52 ^c ±0.627	2.41 ^a ±0.119
1.Hasat (1 th harvest)	1.27 ^b ±0.036	0.39 ^a ±0.111	0.18 ^b ±0.008	0.11 ^b ±0.007	21.09 ^b ±0.620	2.68 ^a ±0.140
2.Hasat (2 nd harvest)	1.38 ^a ±0.027	0.16 ^b ±0.004	0.20 ^a ±0.008	0.13 ^b ±0.007	22.68 ^a ±0.588	3.05 ^a ±0.128

Her sütündeki farklı harfler (faktörlere göre) ortalamalar arasında $P<0.05$ seviyesinde fark olduğunu göstermektedir.

Means followed by different letter within same column (factors) are significantly different at $P<0.05$.

zamanlarına göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir.

CIE a^* ve b^* renk değerleri yardımıyla da hesaplanabilen renk şiddeti olarak da bilinen C renk değeri ortalamaları da 26.72 ile 33.25 arasında dağılım göstermiştir. CIE a^* ve b^* renk değerlerinde olduğu gibi C renk değerinde de aşılama uygulamalarına göre önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Örnekler arasında C renk değeri en yüksek olan aşısız Crimson Tide çeşidi olmuştur. C renk değerindeki değişim de hasat zamanına göre önemsiz düzeyde kalmıştır. Ölçümü yapılan bir diğer renk bileşeni de renk tonu açısı olarak da bilinen h renk değeri olup bu değer ortalama 26.67 ile 33.28 arasında dağılım göstermiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında farklı anaçlar üzerine aşılı ve aşısız Crisby örneklerinin h renk değerleri diğerlerine oranla daha yüksek olmuştur. Diğer tüm renk bileşenlerinde olduğu gibi h renk değerinde de hasat zamanları arasında önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Karaca vd (17) yaptıkları çalışmada 21 su kabağı (*L. siceraria*)

genotipinin karpuzda bitki gelişimi, verim ve kalite açısından anaçlık potansiyelini araştırmışlardır. Kalem olarak Crimson Tide karpuz çeşidi ve karşılaştırma amacı ile 2 hibrit su kabağı anacı kullanılmıştır. Kontrol olarak kullanılan Crimson Tide çeşidinde C değeri 33.5; h değeri 41.4 olarak ölçülmüştür. Farklı anaçlar üzerine aşılama yapılanların C ve h değerleri de sırasıyla 28.1-35.9 ile 35.2-42.3 aralığında dağılım göstermiştir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında da aşılı karpuzların sertlik değerleri ve mineral madde içeriklerinin aşısız olanlara göre daha yüksek olduğu söylenebilir. SÇKM ve TKM yönünden ise aşısız Crimson Tide çeşidi diğerlerine göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Bir diğer önemli farklılıkta iki hasat zamanı arasında ortaya çıkmıştır. Fonksiyonel bileşenler yönünden (mineral madde, TFM, likopen) ikinci hasat dönemi avantajlı konumda olmuştur. Meyve sertliğinde ise birinci hasat ile ikinci hasat arasında önemli farklılık ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. Karpuzlarda anaç, çeşit ve hasat zamanına göre renk değerlerine ait Duncan Testi sonuçları (Oralama±Standart Hata)

Table 4. Duncan Multiple Comparison Test results of colour values with respect to rootstocks, cultivars and harvesting time of watermelon (mean±standard error).

Örnek Sample	L	a^*	b^*	C	h
AgentarioXCrisby	36.71±0.715	26.23 ^{abc} ±1.465	16.04 ^a ±0.781	30.75 ^{ab} ±1.602	31.51 ^b ±0.805
AgentarioXCrimson Tide	35.26±1.943	23.35 ^c ±1.072	12.98 ^b ±0.648	26.72 ^b ±1.246	29.05 ^b ±0.304
MaximusXCrisby	35.59±0.966	27.91 ^{ab} ±1.954	16.62 ^a ±0.967	32.48 ^a ±2.163	30.84 ^b ±0.471
MaximusXCrimson Tide	36.26±1.700	29.23 ^a ±1.335	14.71 ^{ab} ±0.896	32.73 ^a ±1.571	26.67 ^d ±0.587
RS841XCrisby	36.24±1.081	26.36 ^{abc} ±1.200	16.11 ^a ±0.587	30.89 ^{ab} ±1.312	31.46 ^b ±0.466
RS841XCrimson Tide	35.54±1.742	27.28 ^{ab} ±1.207	14.85 ^{ab} ±0.429	31.07 ^{ab} ±1.219	28.62 ^c ±0.726
Crisby	37.15±0.855	24.33 ^{bc} ±1.926	15.80 ^b ±0.475	29.04 ^{ab} ±1.752	33.28 ^a ±1.830
Crimson Tide	37.17±1.221	29.15 ^a ±1.944	15.99 ^a ±1.240	33.25 ^a ±2.300	28.69 ^c ±0.292
1.Hasat (1 th harvest)	35.55±0.516	26.82±0.834	15.14±0.519	30.82±0.949	29.44±0.469
2.Hasat (2 nd harvest)	36.93±0.678	26.63±0.890	15.63±0.367	30.92±0.883	30.59±0.731

Her sütündeki farklı harfler (faktörlere göre) ortalamalar arasında $P<0.05$ seviyesinde fark olduğunu göstermektedir.

Means followed by different letter within same column (factors) are significantly different at $P<0.05$.

KAYNAKLAR

1. Dauda SN, Ajayi FA, Ndor E. 2008. Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. *JASS*, 4 (3): 121-124.
2. Anon 2013. FAO Statistical Database, FAOSTAT-Agriculture. Food and Agriculture Organization of The United Nations, <http://faostat.fao.org>.
3. Oda M. 2004. Grafting of vegetable to improve greenhouse production. Extension Bulletin (December). College of Agriculture, Osaka Prefecture University. Osaka,
4. Yılmaz S, Fırat AF, Zengin S, Çelik İ, Aktaş A, Tekşam İ, Arı N, Devran Z, Ünlü A, Göçmen M, Öztop A, Baysal Ö, Sayın B, Çelikyurt MA, Kaya N. 2008. Örtüaltı Domates Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamaları, Batı Akdeniz Tar. Araş. Enst. Yayını, Antalya.
5. Yetişir H, Yarsi G, Sarı N. 2004. Sebzelelerde Aşılama. *Babçe*, 33 (1-2): 27-37.
6. Boucher J, Los L, Wilmer K. 2005. Grafting techniques for greenhouse tomatoes. *Crop Talk*, 1 (3): 1-4.
7. Yetişir H, Sarı N. 2003. Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Aust J Exp Agr*, 43 (10): 1269-1274.
8. Alan Ö, Özdemir N, Günen Y. 2007. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *J Agron*, 6 (2): 362-365.
9. Cemeroglu B (ed). 2010. *Gıda Analizleri*. Gıda Tek. Derneği Yayınları No: 34, Ankara.
10. Kacar B, İnal A (ed). 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın No:1241, s: 892.
11. Kacar B, Kovancı İ (ed). 1982. Bitki, Toprak ve Gübrelerde Kimyasal Fosfor Analizleri ve Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 354, s: 352, İzmir.
12. Özdemir M. 2001. Mathematical analysis of color changes and chemical parameters of roasted hazelnuts. Ph.D. Thesis. Istanbul Technical University, 161 pp.
13. Fish WW, Perkins-Veazie P, Collins JK. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J Food Compos Anal*, 15: 309-317.
14. Spanos GA, Wrolstad RE. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of thompson seedless grape juice. *J Agric Food Chem*, 38 (3): 817-824.
15. Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F (ed). 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1021, Ankara.
16. Alexopoulos AA, Kondylis A, Passam HC. 2007. Fruit yield and quality of watermelon in relation to grafting. *J Food Agric Environ*, 5 (1): 178-179.
17. Karaca F, Yetişir H, Solmaz İ, Çandır E, Kurt Ş, Sarı N, Güler Z. 2012. Rootstock potential of Turkish Lagenaria siceraria germplasm for watermelon: plant growth, yield and quality. *Turk J Agric For*, 36: 167-177.
18. Proietti S, Roupahel Y, Colla G, Cardarelli M, De Agazio M, Zacchini M, Rea E, Moscatello S, Battistelli A. 2008. Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *J Sci Food Agric*, 88: 1107-1114.
19. Petropoulos SA, Khah EM, Passam HC. 2012. Evaluation of rootstocks for watermelon grafting with reference to plant development, yield and fruit quality. *Int J Plant Prod*, 6(4): 481-492.
20. Colla G, Roupahel Y, Cardarelli M. 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange and mineral composition of grafted watermelon plants. *Hortscience*, 3: 622-627.
21. Baysal A, Keçecioglu S, Arslan P, Yücecan S, Pekcan G, Güneşli U, Biner S, Sağlam F, Yurttagül, Çehreli R. 1991. Besinlerin Bileşimleri. Türkiye Diyet. Der. Yayın No:1 Ankara.
22. Tlili I, Hdider C, Lenucci, MS, Riadh I, Jebari H, Dalessandro G. 2011. Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. *J Food Comp Anal*, 24: 307-314.
23. Olives-Barba AI, Hurtado MC, Sanchez-Mata MC, Ruiz VF, Saenz-De Tejado ML. 2006. Application of UV-vis detection HPLC method for a rapid determination of lycopene and b-carotene in vegetables. *Food Chem*, 95 (2): 328-336.
24. Tadmor Y, King S, Levi A, Davis A, Meir A, Wasserman B, Hirschberg J, Lewinsohn E. 2005. Comparative fruit colouration in watermelon and tomato. *Food Res Int*, 8-9: 837-841.
25. Gökalg HY, Nas S, Certel M (ed). 1996. *Biyokimya 1 "Temel Yapılar ve Kavramlar"*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fak. Ders Kitapları Yayın No:001, Denizli, 380 s.
26. Robinson CH, Lawler MR, Chenoweth WL, Garwick AE (ed). 1986. *Normal and Therapeutic Nutrition*. 17th Edition, Macmillan Publishing Company, New York.
27. Potter N (ed). 1986. *Food Science*. 4th edition. Van Nostrand Reinhold Com., Inc. New York.
28. Anon 2014. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search> (Erişim tarihi: 15.11.2014).

BAZI YERLİ ELMA ÇEŞİTLERİNİN FİTOKİMYASAL ANALİZİ VE ELMA AĞACI YAPRAKLARININ KSILANAZ ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Didem Sutay Kocabaş^{1*}, Eren Tur¹, Aytaç Kocabaş²

¹Gıda Mühendisliği Bölümü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

²Biyoloji Bölümü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

Geliş tarihi / Received: 21.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 09.03.2015

Kabul tarihi / Accepted: 11.03.2015

Özet

Bu çalışmada, Golden delicious, Red delicious ve Granny smith elma çeşitlerinin sulu özüt bileşimleri gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (GC-MS) tekniğiyle belirlenmiştir. En yüksek antioksidan aktivite Red delicious elma kabuğunda (3.32 ± 0.34 mg/ml EC_{50} değeri), buna karşılık gelen toplam fenolik içeriği (754.4 ± 43.3 mg GAE/100 g kuru ağırlık) ile belirlenmiştir. En yüksek protein içeriği (2.09 ± 0.07) ise Granny smith elma kabuğunda tespit edilmiştir. Granny smith elmaların bir diğer üstün özelliği de, Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı gösterdiği antimikrobiyel aktivitedir. Genel olarak, kabuklardaki protein konsantrasyonu etli kısımlara göre %36 daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, elma ağacı yaprakları kullanılarak katma değerli bir ürün (ksilanaz) üretimi atık değerlendirme yaklaşımıyla incelenmiştir. En yüksek enzim üretimi (64.7 ± 5.3 IU/ml) Red delicious elma ağacı yaprakları kullanılarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Elma, antioksidan aktivite, antimikrobiyel aktivite, atık biyokütle, ksilanaz

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SOME NATIVE APPLE VARIETIES AND VALORIZATION OF APPLE TREE LEAVES FOR XYLANASE PRODUCTION

Abstract

In this study, the water extract compositions of Golden Delicious, Red Delicious and Granny Smith apple varieties were determined by gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) technique. The highest antioxidant activity was determined in the peels of the Red delicious apples (EC_{50} of 3.32 ± 0.34 mg/ml) with a corresponding total phenolic content of 754.4 ± 43.3 mg GAE/100 g dry weight. The highest protein content ($2.09 \pm 0.07\%$) was detected in the peels of Granny Smith apples. Another superior property of Granny smith apples was the antimicrobial activity against Gram positive and Gram negative bacteria. In general, protein concentrations in the peels were found 36% higher than the fleshy parts. In addition, a value-added product (xylanase) production was investigated by utilizing apple tree leaves with the waste-valorization approach. The highest enzyme production (64.7 ± 5.3 IU/ml) was obtained by utilizing the leaves of Red delicious apple tree.

Keywords: Apple, antioxidant activity, antimicrobial activity, waste biomass, xylanase

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ didemkocabas@kmu.edu.tr, ☎ (+90) 338 226 2000/5008,

☎ (+90) 338 226 2214

GİRİŞ

Endüstriyel açıdan gelişmiş ülkelerde kardiyovasküler hastalıklar ve kanser ölüm nedenlerinin başında gelmektedir. Bu hastalıkların diyetle olan yakın ilişkisi yıllardır araştırmalara konu olmuştur (1, 2). İlerleyen yaşa bağlı birçok hastalığın serbest radikallerin hücreler üzerindeki yıkıcı etkileri nedeniyle ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu durum, hastalıklardan korunmak için antioksidanların diyetimizin önemli bir parçası olduğunu göstermektedir (3). Fenolik bileşikler güçlü antioksidanlardır ve bu özellikleri nedeniyle oksidatif yıkım sonucu oluşan hastalıklara karşı koruyucu etkiye sahiptirler (4). Flavonoidler, sebze ve meyvelerde doğal olarak bulunan fenolik antioksidanlardır ve yaşlı erkeklerde kalp hastalıkları nedeniyle ölüm riskini azaltıcı yönde etkiye sahip oldukları gösterilmiştir (5). Bir flavonoid çeşidi olan kuersetin alımının da akciğer kanseri görülme oranı ile ters orantılı olduğu belirlenmiştir (6). Son dönemde, fenolik bileşiklerin kanser metastazına karşı potansiyel etkileri konusunda çalışmalar da araştırmacıların ilgisini çekmektedir (4).

Elma kolay ulaşılabilen bir fenolik kaynağıdır. Elma ayrıca monosakkaritler, mineraller, lifler ve diğer birçok biyoaktif bileşikler açısından da zengindir (7). Türkiye, dünyada bu değerli meyveyi en çok üreten ülkeler arasında olup, ülkemizin 2013 yılı elma üretim miktarı 3.1 milyon tonun üzerindedir. Elma üretimine paralel olarak, meyve suyuna işlenen meyveler arasında da elma ile sıralardadır (8). Türkiye’de elma üretiminde lider il, Isparta’dır ve bunu Karaman takip etmektedir. Ülkemizde üretilen elmaların yaklaşık yarısının Red delicious ve üçte birinin de Golden delicious olduğu bilinmektedir.

Ülkemizde ve tüm dünyada yüksek miktarda tüketilen bir meyve olan elmanın üretimi sonucunda her yıl çok yüksek miktarlarda elma ağacı yaprağı elde edilmektedir. Ağacın yaşamsal faaliyetleri için gerekli olan yapraklar, sonbahardaki hasat mevsiminden sonra işlevini yitirmektedir. Atık olan bu yapraklar katma değerli ürünlerin üretilmesi için kullanılabilir çünkü ağaç yaprakları karbonhidratlar, proteinler, enzimler, lipitler ve fenolik bileşikler gibi birçok önemli bileşeni içeren zengin ve yenilenebilir kaynaklardır. Yapraklar, yenilenebilirlik özellikleri nedeniyle biyorafineriler için dikkat çeken ham maddelerdir. Biyorafinerilerde ağaç yaprakları katma değerli ürünlere, biyoyakıtlara

ve biyoenerjiye dönüştürülebilir. Bu yaklaşım, doğanın korunması ve insanlığın artan ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için oldukça önemlidir (9, 10).

Lignoselülitik enzimler de biyorafinerilerde hem üretilen hem de hidroliz basamaklarında kullanılan endüstriyel açıdan önemli enzimlerdir. Ksilanazlar lignoselülitik enzim grubundadır ve kağıt endüstrisinde kağıt hamurunun beyazlatılması, kağıt hamurundan mürekkep giderimi, gıda endüstrisinde meyve sularının berraklaştırılması ve yoğunluğunun azaltılması, fırıncılıkta hamur kalitesinin artırılması, yem endüstrisinde yem sindirilebilirliğinin artırılması ve tekstil endüstrisinde ürünlerin yumuşatılması gibi oldukça geniş bir endüstriyel kullanım alanına sahiptir (11).

Enzim üretimi için yeni kaynakların bulunması ve düşük maliyetli süreçlerin geliştirilmesi ekonomik açıdan önem taşımaktadır. Süreç işletim maliyetinin düşürülmesi için atık lignoselülitik kaynaklar değerlendirilebilir (12). Bu noktadan hareketle, süreç işletim maliyetinin düşürülmesi için lignoselülitik doğaya sahip atık elma ağacı yapraklarının kullanılması, atık biyokütleden katma değeri yüksek ürünlerin eldesi için kritik bir konudur.

Bu çalışmanın amacı, yaygın şekilde üretilen ve tüketilen seçilmiş elma çeşitlerinin (Golden delicious, Red delicious ve Granny smith) kimyasal bileşimleri, antioksidan ve antimikrobiyel aktiviteleri ile toplam fenolik ve protein içeriklerinin karşılaştırmalı olarak belirlenmesidir. Çalışmalarda elmaların kabuk ve etli kısımları ayrı ayrı incelenmiştir. Ek olarak, ekonomik değeri olmayan atık elma ağacı yapraklarının mikrobiyel ksilanaz üretiminde alternatif kaybon kaynağı olarak kullanılma potansiyeli biyorafineri perspektifiyle incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Elma Örneklerinin Temini ve Hazırlanması

Çalışmada, Golden delicious, Red delicious ve Granny smith elmaları kullanılmıştır. Elma örnekleri Karaman ili elma yetiştiricilerinden eylül ve ekim aylarında temin edilmiş ve kullanılmadan önce +4 °C’de en fazla 2 gün bekletilmiştir. Üreticiden alınan elma örnekleri yıkanmış, oda sıcaklığında kurutulmuş ve elma soyma aleti ile soyulmuştur. Çekirdek çıkarma işleminden sonra kalan etli kısım 5 mm kalınlığında dairesel şekilde dilimlenmiş ve her bir dilim 8 eşit parçaya bölünmüştür. Enzimatik

karamaya engel olmak için, örnekler hazırlandıktan hemen sonra 60 °C'deki sıcak hava sirkülasyonlu fırında (Biosan, Türkiye) kurutulmuştur. Kuru örnekler Waring blender ile toz haline getirilmiş ve elenerek partikül büyüklükleri standardize edilmiştir. Enzim üretimi için kullanılan elma ağacı yaprakları da yine Karaman elma yetiştiricilerinden hasat zamanında alınmış ve -20 °C'de saklanmıştır.

Sulu Özütlerin Eldesi

Özütleme için toz haline getirilmiş örneklerden 10 g tartılarak 275 ml saf su ile karıştırılmış ve altı gözlü Sokslet sistemi (Termal, Türkiye) ile 48 saat boyunca paralel şekilde özütleme işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda elde edilen özütler, döner kurutucuda (IKA, Almanya) konsantre edilmiş ve işlem sonunda +4 °C'de saklanmıştır.

GC-MS İle Kimyasal Kompozisyon Analizi

Özütlerin GC-MS analizi Agilent 7890A GC (Agilent Technologies, ABD) cihazında Agilent 5975C kütle seçici dedektör ile gerçekleştirilmiştir. GC sisteminde Agilent HP-5 kapiler kolonu (30 m uzunluk, 0.25 mm i.d., 0.25 mikron film kalınlığı) kullanılmıştır. Örnekler etanol ile seyreltilerek konsantrasyonları 10 mg özüt/ml değerinde sabitlenmiş ve sisteme 1 µl hacimde enjekte edilmiştir. Enjeksiyon ve dedektör sıcaklıkları sırasıyla 240 ve 280 °C olarak ayarlanmıştır. Kolon başlangıç sıcaklığı 60 °C'dir ve bu sıcaklıkta 5 dakika bekletilmiştir. Ardından sıcaklık 4 °C/dakika hızla 160 °C'ye getirilmiş ve son olarak 15 °C/dakika hızla 160 °C'den 240 °C'ye çıkarılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 1 ml/dakika sabit akış hızında helyum kullanılmıştır. Sonuçlar iki paralel deneyin ortalaması olarak verilmiştir.

Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesi için 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) ile serbest radikal süpürme aktivite tayini gerçekleştirilmiştir (13, 14). DPPH solüsyonu (0.06 M) metanolde hazırlanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda özütler hazırlanmış ve özütlerin 20 µl'si ile 180 µl DPPH karıştırılmıştır. Karışım 1 saat boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta inkübe edilmiştir. Inkübasyon süresi sonunda absorbans değerleri 517 nm'de spektrofotometrede (Hach, ABD) ölçülmüştür. Örneklerin antioksidan aktivite tayini için DPPH inhibisyonu (%) Eşitlik.1'e göre hesaplanmıştır. Elde edilen DPPH inhibisyon verileri örnek konsantrasyonuna karşı grafiğe

geçirilmiş, grafik denklemi kullanılarak, başlangıç DPPH konsantrasyonunu %50 azaltmak için gerekli olan örnek konsantrasyonu (EC50) hesaplanmıştır.

$$DPPH \text{ inhibisyonu (\%)} = \frac{Abs_{\text{Kontrol}} - Abs_{\text{Örnek}}}{Abs_{\text{Kontrol}}} \times 100 \quad (1)$$

Antimikrobiyel Aktivitenin Belirlenmesi

Özütlerin antimikrobiyel aktiviteleri disk difüzyon yöntemiyle belirlenmiştir (15). Test organizması olarak Gram pozitif (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Staphylococcus aureus*) ve Gram negatif (*Escherichia coli*, *Agrobacterium tumefaciens*) bakteriler kullanılmıştır. Mikroorganizmalar Mueller-Hinton besiyerinde 35 °C veya 28 °C'de 24 saatte çoğaltılmıştır. Hücre yoğunlukları 0.5 Mc Farland standardına karşı ayarlanmıştır. Hücre süspansiyonlarından 100 µl alınarak Mueller-Hilton agar üzerine yayma plak yöntemiyle ekilmiştir. Boş disklere 40 µl özüt emdirilerek agar üzerinde üç paralel şekilde test edilmiştir. Pozitif kontrol olarak penisilin, gentamisin ve tetrasiklin antibiyotik diskleri, negatif kontrol olarak ise saf su kullanılmıştır. Antimikrobiyel aktivitelerin tespiti için, gece boyunca yapılan inkübasyon sonunda özüt diskleri etrafındaki inhibisyon zonları ölçülmüştür.

Toplam Fenolik Miktarının Belirlenmesi

Özütlerin toplam fenolik içerikleri Folin-Ciocalteu reaktifi ile kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Özüt örneğinden 1 ml alınarak 1 ml Folin-Ciocalteu reaktifi ve 1 ml doymuş sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisiyle karıştırılmıştır. Karışımın hacmi saf su ile 10 ml'ye ayarlanmıştır. Karışım 10 dakika boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta inkübe edilmiş ve inkübasyon süresi sonunda absorbans değerleri spektrofotometrede (Hach, ABD) 725 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Standart fenolik olarak gallik asit kullanılmış ve toplam fenolik içerikleri mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.

Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Protein içeriğinin belirlenmesi için azot tayini yöntemi kullanılmıştır. Toz halindeki örneklerdeki toplam azot miktarı Dumas azot analiz cihazında (VELP Scientifica, İtalya) kantitatif olarak tespit edilmiştir. Toz örneklerin analizi için 100 mg numune ile çalışılmış ve her bir örnek için iki paralel analiz gerçekleştirilerek ortalama değerler hesaplanmıştır. Çalışmada O₂ faktörü (ml O₂/mg örnek) ve O₂ akış hızı (ml O₂/dakika) sırasıyla

1.6 ve 400 olarak seçilmiştir. Protein içeriği, uygun çarpım faktörü (6.25) kullanılarak hesaplanmıştır.

Mikrobiyel Enzim Üretim Koşulları

Enzim üretimi için termofilik bir küf olan ve ksilanaz üretim yeteneğine sahip olduğu bilinen *Scytalidium thermophilum* (*Humicola insolens*, ATCC no. 16454) ile çalışılmıştır. Mikroorganizmanın kültür koşulları daha önce raporlandığı (16) şekilde olup, bu çalışmada karbon kaynağı olarak elma ağacı yaprakları kullanılmıştır. Elma ağacı yaprakları 60 °C sıcaklıktaki sıcak hava sirkülasyonlu fırında (Biosan, Türkiye) sabit tartıma kadar kurutulmuştur. Kuru yapraklar blender ile parçalanmış ve parçacık büyüklüğü 2 mm'den küçük olacak şekilde elenmiştir. Hazırlanan yapraklar kültür ortamına %2 (a/h) oranında eklenerek karbon kaynağı olarak kullanılmıştır. Kültür ortamından günlük numuneler alınmış, Whatman no. 1 filtre kağıdından süzöldükten sonra 10000 rcf'te 10 dakika boyunca santrifüjlenerek ksilanaz aktivitesi açısından incelenmiştir.

Ksilanaz Aktivitesinin Belirlenmesi

Ksilanaz aktivitesi, ksilan yıkımı sonucu açığa çıkan indirgen şekerlerin ölçülmesi prensibine dayanan 3,5-dinitrosalisilik asit (DNS) yöntemiyle belirlenmiştir (17). Substrat olarak kayın ağacı ksilanı %1.0 (a/h) konsantrasyonunda 50 mM pH 7.0 sodyum fosfat tamponunda çözödürölerek kullanılmıştır (18). Tepkime ve spektrofotometrik veri toplama koşulları daha önce raporlanan şekilde gerçekleştirilmiştir (16). Bir birim ksilanaz aktivitesi (IU/ml), belirli tepkime koşullarında dakikada 1 µmol ksiloz açığa çıkarmak için gerekli enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

GC-MS İle Kimyasal Kompozisyon Analizi

Analiz edilen örneklerin konsantrasyonları (10 mg özüt/ml) sabit olduğundan, kimyasal kompozisyonları GC-MS spektrumundaki pik alan değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen pikler, yazılımda mevcut olan kütüphanelerdeki verilerle eşleştirilmiştir. Örneklerdeki pik alan değerleri (%) ve kütüphanelerde eşleşen bileşikler Çizelge 1'de verilmiştir. GC-MS analizi ile tüm örneklerde 12 temel bileşen tespit edilmiştir. Tüm elma özüt örneklerinde mevcut olan ve HMF olarak bilinen 2-furankarboksaldehit,

5-(hidroksimetil), genellikle şekerlerin dehidrasyonu sonucu açığa çıkan ve fırınlanmış ürünlerde sık görülen bir bileşiktir. HMF'nin varlığının muhtemel nedeni de elma örneklerinin 60 °C sıcaklıkta kurutulmasıdır. 2-propanon,1,3-dihidroksi-bileşiğine ise en çok Red delicious elmada rastlanmıştır. Bu bileşiğin şekerleme ve dondurmalarda aroma katkısı olarak kullanıldığı bilinmektedir (19). Analiz sonucu tespit edilen bir diğer aroma bileşeni olan oktanoik asit-2-amino-, oktanoik asit olarak da bilinmektedir ve en çok Golden delicious elmaların etli kısmında bulunmuştur. Golden delicious elma kabuğunda en yüksek konsantrasyonda tespit edilen 3-büten-2-ol de bir aroma bileşiğidir ve genellikle alkolsüz içeceklerde, yumuşak şekerlemelerde ve pudinglerde kullanılmaktadır (20). 4H-piran-4-on, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil bileşiğinin antienflamatuvar ve antimikrobiyel özelliği olduğu bilinmektedir (21). Ayrıca, glukoz ve glisinin Maillard tepkime ürünü olduğu bildirilen bu bileşiğin antikanser aktivitesi de söz konusudur (22). Bu çok özellikli bileşik en yüksek miktarda Golden delicious elmanın etli ve kabuk kısımlarında, diğer elma tiplerine oranla 2 kata yakın yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir.

Antimikrobiyel Aktivite

Test edilen 6 farklı örnek arasında Granny smith etli kısım özütlerinin geniş bir aralıkta antimikrobiyel etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2). *E. coli* dışında kalan diğer 4 mikroorganizmanın çoğalması bu özütle engellenebilmiştir. Bunun yanı sıra, antibiyotige (penisilin) dirençli bir *A. tumefaciens* kullanılmasına rağmen, bu mikroorganizmanın Granny smith etli kısım özütü ile inhibe edilebildiği gözlemlenmiştir. Granny smith dışında, Golden delicious kabuk ve Red delicious etli kısım özütleri de *S. aureus*'un çoğalmasını engellemiştir.

Alberto vd. (2006) üç bileşenli solvent sistemi kullanarak Granny smith ve Royal gala tip elmalardan özütleme gerçekleştirmiş ve özütlerin antimikrobiyel aktivitelerini incelemişlerdir (23). Çalışmada 3 farklı *E. coli* suşu ve 2 farklı *S. aureus* suşu kullanmışlardır. En geniş inhibisyon zonu değerini (10 mm), aseton:su:asetik asit solvent sistemi kullanarak elde ettikleri Granny smith tip elmaların kabuk özütleriyle tespit etmişlerdir. Bunun yanında, diğer solvent sistemleri ile elde edilen Granny smith özütleri ise 3 ve 1 mm inhibisyon zonu sağlamışlardır. Benzer şekilde,

Çizelge 1. GC-MS analiz sonuçları
Table 1. Results of GC-MS analysis

Bileşik ismi (Compound name)	Alıkonma zamanı (dakika) (Retention time) (min)	Molekül formülü (Molecular formula)	Pik alanı (Peak area) (%)					
			Golden delicious		Granny smith		Red delicious	
			Etili (Flesh)	Kabuk (Peel)	Etili (Flesh)	Kabuk (Peel)	Etili (Flesh)	Kabuk (Peel)
2-2'-bioksiran (R*,R*)-(±)-propanal, 2,3-dihidroksi-	4.803-4.814	C ₄ H ₆ O ₂	4.97	8.54	0.40	0.84	4.51	0.56
2-propanon, 1,3-dihidroksi-	6.446-6.457	C ₃ H ₆ O ₃	1.96	2.95	0.28	0.12	2.02	0.43
1,2-siklo pentandion	8.425-8.445	C ₃ H ₁₀ O ₃	7.41	7.40	13.69	19.04	16.40	21.94
formik asit, 2-propenil ester-	9.645-9.651	C ₅ H ₆ O ₂	5.01	9.12	0.37	0.62	4.47	6.64
oktanoik asit-2-amino-	12.048-12.239	C ₄ H ₆ O ₂	6.36	13.08	8.38	13.36	12.05	15.00
D-alanin N-pro pargiloksi karbonil-izoheksil ester	14.022-14.026	C ₈ H ₁₇ NO ₂	3.56	0.51	0.28	0.32	0.27	0.29
3-büten-2-ol	15.379-15.496	C ₁₃ H ₂₁ NO ₄	14.75	16.83	11.15	10.82	9.45	9.84
etanamin-N-etil-N-nitroso	16.068-16.071	C ₄ H ₈ O	2.39	3.95	0.24	0.36	0.28	0.36
4H-piran-4-on, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil	17.527-17.545	C ₄ H ₁₀ N ₂ O	2.16	3.04	0.17	0.18	0.15	0.23
2-furankarboksaldehit, 5-(hidroksimetil)	17.823-17.892	C ₆ H ₈ O ₄	13.82	18.75	7.05	8.76	8.08	6.81
1,3-Dioksolan, 4-[(2-metoksi-4-oktadesenil)oksi]metil)-2-2-dimetil-	20.864-21.001	C ₆ H ₆ O ₃	34.15	37.34	45.54	38.41	39.46	32.01
	26.528-26.543	C ₂₅ H ₄₈ O ₄	3.46	8.48	3.46	7.16	2.86	5.89

Çizelge 2. Elma özütlerinin antimikrobiyel aktiviteleri
Table 2. Antimicrobial activities of apple extracts

Örnek (Sample)	İnhibisyon zonu (Inhibition zone) (mm)				
	<i>E.coli</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>B.licheniformis</i>	<i>S.aureus</i>	<i>A.tumefaciens</i>
Golden delicious					
	Kabuk (Peel)	-	-	6	-
	Etili kısım (Flesh)	-	-	-	-
Red delicious					
	Kabuk (Peel)	-	-	-	-
	Etili kısım (Flesh)	-	-	6	-
Granny smith					
	Kabuk (Peel)	-	-	-	-
	Etili kısım (Flesh)	-	8	6	6
Standart antibiyotikler (Standard antibiotics)					
	Penisilin (Penicillin)	8	28	25	28
	Gentamisin (Gentamicin)	19	27	21	26

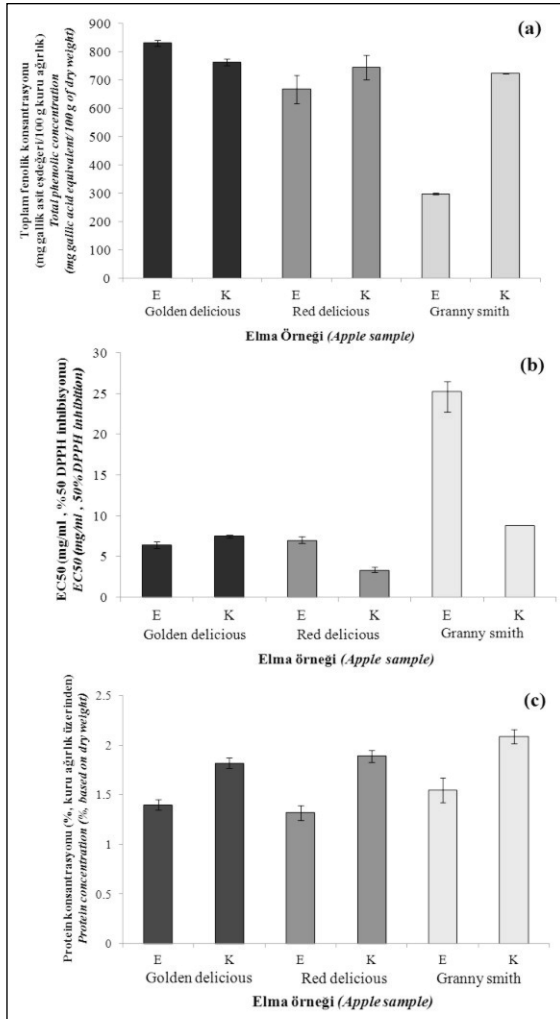
*: Dirençli (Resistant)

aynı mikroorganizmanın bir suşu özüt ile inhibe olurken, diğer suş tamamen dirençli davranmıştır. Dolayısıyla, aynı elma tipinden elde edilen özütlerin aynı mikroorganizmanın farklı suşları üzerindeki antimikrobiyel etkisinin farklı olabileceği görülmektedir.

Toplam Fenolik İçeriği

İncelenen özütler içinde en yüksek toplam fenolik içeriği (830 ± 10.8 mg GAE/100 g kuru ağırlık) Golden delicious elmanın etli kısmında bulunmuştur (Şekil 1a). Bu değeri, Golden delicious elmanın kabuk özüt fenolik içeriği (762.7 ± 12.9 mg GAE /100 g kuru ağırlık) ve Red delicious elmanın kabuk özüt fenolik içeriği (745.4 ± 43.3 mg GAE/100 g kuru ağırlık) takip etmektedir. En düşük fenolik konsantrasyonu (297 ± 3.1 mg GAE/100 g kuru ağırlık) Granny smith elmanın etli kısmında tespit edilmiştir.

Alberto vd. (2006) Granny smith ve Royal gala tip elmaların kabuklarındaki toplam fenolik miktarını da incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda Granny smith elma kabuklarının Royal gala tip elma kabuklarına göre daha yüksek miktarlarda fenolik madde içerdiğini tespit etmişlerdir (23). Granny smith elma kabuklarındaki toplam fenolik miktarı solvent sistemi tipine bağlı olarak 3.2-6.8 mg GAE/g aralığında değişmektedir. Bir başka çalışmada Drogoudi vd. (2008) 7 farklı elma tipini incelemiş, Golden delicious ve Granny smith elma kabuklarının toplam fenolik içeriğini sırasıyla yaklaşık olarak 8.0 ve 9.0 mg GAE/g kuru ağırlık olarak tespit etmişlerdir (24). Bu çalışmada ise çözücü olarak su kullanılmış ve sonuçta Golden delicious ve Granny smith elma kabuklarının toplam fenolik içeriği sırasıyla 7.6 ve 7.2 mg GAE/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Bu açıdan sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir.



Şekil 1. a) Toplam fenolik konsantrasyonu, b) Antioksidan aktivite (EC₅₀), c) Protein konsantrasyonu. (E: Etli kısım, K: Kabuk)

Figure 1. a) Total phenolic concentration, b) Antioxidant activity (EC₅₀), c) Protein concentration. (E: Flesh, K: Peel)

Toplam Antioksidan Aktivite

Örneklerin antioksidan aktiviteleri EC₅₀ değeri ile ifade edilmekte, düşük EC₅₀ değeri yüksek antioksidan aktiviteyi ifade etmektedir. En yüksek DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi (3.32 ± 0.35 mg/ml EC₅₀ değeri) Red delicious elmaların kabuğunda bulunmuştur (Şekil 1b). Düşük fenolik içeriğiyle uyumlu olarak, en düşük antioksidan aktivite (25.22 ± 1.85 mg/ml EC₅₀ değeri) Granny smith elmaların etli kısmında tespit edilmiştir. Toplam antioksidan ve fenolik içerik analizleri, en yüksek antioksidan aktiviteye sahip örnek olan Red delicious elma kabuğunun yüksek fenolik içeriğine de sahip olduğunu göstermektedir.

Benzer bir paralellik, en düşük fenol içeriğine sahip Granny smith elma etli kısımlarının en düşük antioksidan aktiviteye sahip olmasıyla tespit edilmiştir. Elma kabuklarındaki kırmızı rengin temel olarak antosiyaninlerden ileri geldiği bilinmektedir. Bu bileşikler fenolik yapıdadır ve Red delicious elma kabuklarının en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermesi, yapılarında kırmızı renge neden olan bu fenoliklerin varlığı ile uyumludur. Bu çalışmanın sonucu, yerli elma örneklerinde fenol içeriği ile antioksidan aktivite arasındaki korelasyonu ve dolayısıyla fenolik bileşiklerin diyetimizdeki önemli rolünü ortaya koymaktadır.

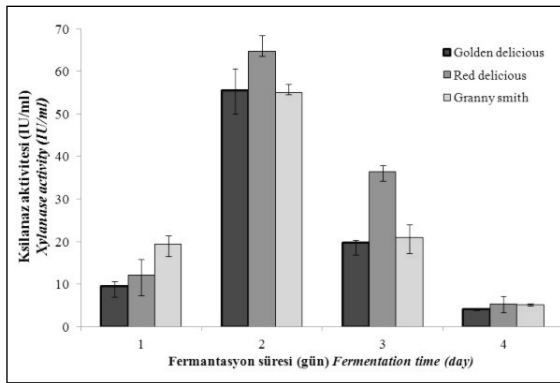
Protein İçeriği

Elmaların etli kısımları ve kabuklarından elde edilen özütlerdeki protein içeriği azot konsantrasyonuna bağlı olarak belirlenmiştir. Şekil 1c'de gösterildiği gibi, kuru ağırlık bazında en yüksek protein konsantrasyonu (2.09 ± 0.07) olarak Granny smith elmaların kabuğunda tespit edilmiş, bu değeri Red delicious elmaların kabuğunun protein içeriği (1.89 ± 0.06) izlemiştir. Her ne kadar elma beslenmemizde birincil protein kaynağı olmasa da, toplam protein alımımıza katkı sağlayabilir. Tüm örnekler bir arada incelendiğinde, genel olarak kabukların etli kısımlara oranla ortalama %36 daha fazla protein içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca literatürde elma kabuklarının yüksek oranda antioksidan aktivite ve biyoaktif maddeye sahip olduğu rapor edilmiştir (25). Bu durumda, elma tüketilirken kabuğunun soyulmasının ve kabukların atık olarak düşünülmesinin doğru olmadığı, elmaların kabuğu soyulmadan tüketilmesinin sağlık açısından daha uygun olacağı görülmektedir.

Elma Ağacı Yaprakları Kullanılarak Ksilanaz Üretimi

S. thermophilum'dan ksilanaz üretiminde karbon kaynağı olarak kullanılmak üzere Golden delicious, Red delicious ve Granny Smith elma ağacı yaprakları kültür ortamına eklenmiştir. Denenen tüm örneklerle ksilanaz üretimi gözlemlenmiş, en yüksek ksilanaz üretimi (64.7 ± 5.3 IU/ml) Red delicious elma ağacı yapraklarıyla elde edilmiştir (Şekil 2). Bu değer, literatürde diğer karbon kaynakları kullanılarak üretilen birçok mikrobiyel ksilanaz üretim seviyesinden yüksektir. Ağaç yapraklarından enzim özütlenmesine ilişkin literatürde birçok çalışma bulunmasına karşın,

ağaç yapraklarının mikrobiyel enzim üretimi için fermantasyon ortamında kullanılmasına dair çalışmalar nadirdir. Bu konuda Elisashvili vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada *Pleurotus dryinus*'tan ağaç yaprakları kullanılarak katı kültürde lignoselüloolitik enzim üretimi denenmiş ve 35.7-46.7 IU/ml aralığında enzim aktivitesine ulaşılmıştır (12). Elma ağacı yapraklarından ksilanaz üretilen bu çalışmada ulaşılan 64.7 ± 5.3 IU/ml enzim aktivite değeri ise gelecekte yapılacak optimizasyon ve ölçek büyütme çalışmaları için potansiyel vaat eden bir başlangıç noktasıdır.



Şekil 2. *S. thermophilum*'dan atık elma ağacı yaprakları kullanılarak gerçekleştirilen ksilanaz üretim profili
Figure 2. Xylanase production profile from *S. thermophilum* by using waste apple tree leaves

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, dünyanın lider elma üreticileri arasındadır ve ülkemizde Karaman, elma üretiminde ikinci sırada yer almaktadır. Çalışma kapsamında Karaman'da en çok üretilen ve tüketilen elma çeşitleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve bu sayede elma tüketicileri için bir referans oluşturulması hedeflenmiştir. Ayrıca, ticari elma çeşitleri için yapılan bu analizler gelecekte diğer biyoaktif maddelerin araştırılması için bir başlangıç noktası olabilir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, elmaların kabuğu soyularak tüketilmesinin yanlış bir davranış olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Granny smith elmaların farklı bakterilere karşı gösterdiği antimikrobiyel aktivite de, bu antimikrobiyel bileşiklerin ileri çalışmalarla karakterize edilmesi için temel teşkil edebilir. Önceki birçok çalışmada, küflerden hidrolitik enzim üretimi için şeker bazlı karbon kaynaklarının gerekli olduğu bildirilmiştir ancak bu çalışmada, elma ağacı yapraklarının şeker katkısı kullanılmadan dahi mikrobiyel ksilanaz

üretimi için uygun karbon kaynağı olduğu gösterilmiştir. Elma ağacı yapraklarının enzim üretiminde kullanılması, düşük maliyetli ve yenilenebilir bir ham maddenin kullanıldığı, çevreyle dost bir biyorafineri sürecinin geliştirilmesini sağlayabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarla fermantasyon ortamı optimize edilerek enzim üretim verimi yükseltilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi tarafından BAP/41-M-12 kodlu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Boyer J, Liu RH. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J*, 3, 5-19.
- Danaei G, Hoorn SV, Lopez AD, Murray CJL, Ezzati M. 2005. Causes of cancer in the world: comparative risk assessment of nine behavioural and environmental factors. *Lancet*, 366, 1784-1793.
- Lu Y, Foo LY. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem*, 68, 81-85.
- Weng CJ, Yen GC. 2012. Chemopreventive effects of dietary phytochemicals against cancer invasion and metastasis: phenolic acids, monophenol, polyphenol, and their derivatives. *Cancer Treat Rev*, 38, 76-87.
- Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet*, 342, 1007-1011.
- Le Merchand L, Murphy SP, Hankin JH, Wilkens LR, Kolonel LN. 2000. Intake of flavonoids and lung cancer. *J Nat Cancer Inst*, 92, 154-160.
- Wu J, Gao H, Zhao L, Liao X, Chen F, Wang Z, Hu X. 2007. Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chem*, 103, 88-93.
- Tamer CE, Karaman B, Aydoğan N. 2005. Aseptik elma suyu üretiminde HACCP uygulamaları. *GIDA*, 30(6), 425-430.
- Kamm B, Gruber PR, Kamm M. 2007. Biorefineries-industrial processes and products: Status quo and future directions. Wiley-VCH, Weinheim, Germany.

10. Sutay Kocabaş D, Ögel ZB, Bakır U. 2011. Screening of tree leaves as annual renewable green biomass for phenol oxidase production and biochemical characterization of mulberry (*Morus alba*) leaf phenol oxidases. *World J Microbiol Biotechnol*, 27, 701-707.
11. Collins T, Gerday C, Feller G, 2003. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. *FEMS Microbiol Rev*, 29, 3-23.
12. Elisashvili V, Penninckx M, Kachlishvili E, Asatiani M, Kvesitadze G. 2006. Use of *Pleurotus dryinus* for lignocellulolytic enzymes production in submerged fermentation of mandarin peels and tree leaves. *Enzyme Microb Technol*, 38, 998-1004.
13. Janaszewska A, Bartosz G. 2002. Assay of total antioxidant capacity: comparison of four methods as applied to human blood plasma. *Scand J Clin Lab Investig*, 62, 231-236.
14. Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarın J Sci Technol*, 26, 211-219.
15. Bauer AW, Kirby WMM, Sherris JC, Turck M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am J Clin Patbol*, 45, 493-496.
16. Sutay Kocabaş D, Özben N. 2014. Co-production of xylanase and xylooligosaccharides from lignocellulosic agricultural wastes. *R Soc Chem Adv*, 4, 26129-26139.
17. Miller GL (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428.
18. Bailey MJ, Biely P, Pountanen K. 1992. Interlaboratory testing of methods for assay xylanase activity. *Biochim Biophys Acta*, 1117, 252-270.
19. Winter R. 1984. A consumer's dictionary of food additives. Three Rivers Press, Crown, ABD.
20. Burdock GA. 2010. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients. CRC Press, ABD.
21. Kumar P, Kumaravel S, Lalitha C. 2010. Screening of antioxidant activity, total phenolics and GC-MS study of *Vitex negundo*. *Afr J Biochem Res*, 4, 191-195.
22. Rajasekaran M, Archana R, Raviprasadh R. 2012. GC/MS analysis and identification of phytochemicals present in the leaves of *Beloperone plumbaginifolia* (Jacq.) Nees. *Int J Bioeng Sci Technol*, 3, 134-138.
23. Alberto MR, Canavosio MAR, Manca de Nadra MC. 2006. Antimicrobial effect of polyphenols from apple skins on human bacterial pathogens. *Electron J Biotechnol*, 9, 205-209.
24. Drogoudi PD, Michailidis Z, Pantelidis G. 2008. Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. *Sci Hortic*, 115, 149-153.
25. Wolfe K, Wu X, Liu RH. 2003. Antioxidant activity of apple peels. *J Agric Food Chem*, 51, 609-614.

ALTIN ÇİLEK SUYUNDA (*Physalis peruviana* L.) RANDIMAN İLE BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE MAYŞE ENZİMASYONUNUN ETKİSİ

Buket Aşkın^{1*}, Yeşim Öcal², Sevgi Atılğan²,
Neslihan Tatlıcı², Tuğba Atılğan², Erdoğan Küçüköner²

¹Kırklareli Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli
²Süleyman Demirel Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş tarihi / Received: 12.02.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 08.04.2015

Kabul tarihi / Accepted: 01.05.2015

Özet

Bu araştırmada, Antalya ilinde konvansiyonel olarak yetiştirilen altın çilek (*Physalis peruviana* L.) meyvesi araştırma materyali olarak seçilmiş ve meyve suyu üretiminde kullanılmıştır. Yürütülen çalışmada, elde edilen altın çilek suyu 4 farklı kısma ayrılıp üçü farklı oranlarda pektolitik enzim katılarak (kontrol, %0.1, %0.2, %0.3) depektinize edilmiştir. Mayşe enzimasyonunun altın çilek suyu randımanı ve fizikokimyasal bileşimi üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, altın çilek suyunda; genel bileşim özellikleri (pH, asitlik, briks), askorbik asit, toplam karotenoid, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar; enzim uygulamasının meyve suyu verimini arttırmada etkili olduğunu göstermiş, enzim uygulanmamış kontrol örneğinin (K) verimi %76 iken enzim uygulanmış örneklerin meyve suyu verimi sırasıyla %83 (E2), %81 (E1) ve %79 (E3) olarak belirlenmiştir. Diğer önemli değişim askorbik asit değerinde gözlenmiş, enzim uygulaması askorbik asit değerini önemli miktarda değiştirmiştir ($P<0.05$). Ayrıca uygulanan enzim dozajı arttıkça, askorbik asit ve karotenoid kaybında da artış meydana gelmiştir. Bununla birlikte, enzim uygulaması ile örneklerin antioksidan aktivite değeri ve toplam fenolik madde miktarlarında bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$).

Anahtar kelimeler: Altın çilek, depektinizasyon, meyve suyu, randıman.

THE EFFECT OF MASH ENZYMATON ON SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES AND ON JUICE YIELD OF GOLDENBERRY (*Physalis peruviana* L.) JUICE

Abstract

In this research, the goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.), which was grown conventionally in Antalya, was selected as the research material and used in the production of fruit juice. In the study, the goldenberry juice was separated into four groups (control, 0.1%, 0.2%, and 0.3%) and three of them were depectinized by being treated with pectolytic enzyme at different rates. The effect of mash enzymation on the goldenberry juice yield and on physicochemical composition was examined. In addition, the general composition characteristics of the goldenberry (pH, acidity, brix, ascorbic acid content, total carotenoids, total phenolic, and antioxidant activity values) were determined. The results showed that the enzyme applications were effective in increasing the juice yield. The yield was 76% in the control sample (K), while the juice yield ratios of enzyme treated samples were 83% (E2), 81% (E1), and 79% (E3), respectively. Other important changes were observed in the ascorbic acid value, and it was determined that the enzyme application changed the ascorbic acid value significantly ($P<0.05$). Besides this, it was observed that as the enzyme dosage increased, the ascorbic acid and carotenoid loss also increased. However, no difference was observed in antioxidant activity value and in the total phenolic amounts of the samples with enzyme application ($P>0.05$).

Keywords: Goldenberry, depectinization, fruit juice, juice yield.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ buketaskin@klu.edu.tr, ☎ (+90) 288 214 0514, 📠 (+90) 288 214 0516

GİRİŞ

Fonksiyonel özelliğe sahip meyvelerden biri olan altın çilek, ulusal ve uluslararası pazarda her geçen gün artan ekonomik öneme sahiptir. Ülkemizde üretim miktarları ile ilgili net veriler henüz belirlenememiş olsa bile, besin içeriği ve sağlık üzerine faydalarının anlaşılmasına başlanmasıyla birlikte grubunda öne çıkan bir meyve olmuştur. Bu nedenlerle son zamanlarda altın çilek meyvesine olan ilginin arttığı ve üretiminin teşvik edildiği gözlenmektedir.

Altın çilek meyvesinin içermiş olduğu besin öğeleri incelendiğinde yüksek lif içeriği, yoğun fenolik madde ve karotenoit miktarı ve dolayısıyla yüksek antioksidan aktivite değeri ilk dikkati çeken özellikleridir. Ayrıca, yağ asidi kompozisyonu açısından da zengin olan altın çilek, yüksek miktarlarda E vitamini, C vitamini, vitamin K1 ve birçok mineral madde de içermesi nedeniyle son derece önemli bir üründür (1-3).

Altın çilek, % 15 suda çözünür kuru madde değerine ve yetiştirildiği bölgeye bağlı olarak % 70 meyve suyu randımanına sahip bir meyvedir. Diğer yandan, meyve suyu için optimal şeker ve asitlik değerine de sahiptir (4). Kısaca altın çilek meyvesi, yağda çözünen biyoaktif bileşenlerin ilave edilmesini gerektirmeyen, doğal olarak zengin bir içeriğe sahip olan, adı gibi "altın içecek" sunmaktadır.

Görüldüğü gibi, altın çileğin bu derece büyük öneme sahip olması fonksiyonel özelliğe sahip bir ürün olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle elde edilen altın çilek suyu, önemli bir potansiyele sahip olan yeni bir fonksiyonel içecektir (5, 6).

Birçok meyvenin meyve suyuna işlenmesinde mayşe enzimasyonu ile preslemenin kolaylaştığı, kapasitenin arttığı ve randımanın yükseldiği bilinmektedir (7-9). Üzümsü meyvelerde bulunan pektin miktarı ve özellikleri diğer meyvelerde bulunan pektinden farklıdır. Bunun yanı sıra, bu meyvelerin, pH değerleri de daha düşüktür. Bu nedenle bu çalışmada, ticari pektolitik enzim (Novaferm 61) preparatı ile depektinize edilmiş, altın çilek suyunun randımanı ve kimyasal bileşimi üzerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Antalya ilinde konvansiyonel olarak yetiştirilen altın çilek (*Physalis peruviana L.*) meyvesi araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Dış kabuğundan ayrılan meyveler, yıkama işleminden sonra suları ayrılmış ve blender ile 5 dk süre ile homojenize edilerek mayşe haline getirilmiştir. Mayşe 80 °C'ye ısıtılmış ve sonrasında 40 °C'ye soğutulduktan sonra 4 eşit kısma ayrılmış, ticari pektolitik enzim (Novaferm 61) preparatından 3 farklı dozajda ilave edilmiştir (E1 grubu 150 g/ton, E2 grubu 300 g/ton ve E3 grubu 450 g/ton). Kontrol grubu (K), enzim uygulaması yapılmadan aynı işlemlere tabi tutulmuştur. Farklı dozajlarda enzim ilave edilen örnekler 40 °C'de 2 h süreyle çalkalamalı su banyosunda 250 rpm'de bekletildikten sonra tül bent bezi yardımıyla tortuları uzaklaştırılmış ve şişelere doldurulmuştur. Şişelenen örnekler 90 °C'de 5 dk süre ile pastörize edilmiş ve hemen ardından su banyosunda soğutulmuştur. Elde edilen altın çilek suları analizler gerçekleştirilene kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Meyve sularının; verim (%), genel bileşim özellikleri (pH, asitlik, briks), askorbik asit miktarı, toplam karotenoit miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen tüm kimyasal analizler 3 paralel olarak çalışılmıştır.

Metot

Randıman

Çalışmada elde edilen mayşe 4 eşit kısma ayrıldıktan sonra ağırlığı ile elde edilen son meyve suyunun ağırlığı tespit edilerek, farklı oranlarda enzim uygulaması sonucunda varılan "% verim" belirlenmiştir.

Genel bileşim özellikleri

Çalışmada, örneklerin suda çözünür kuru madde (briks) değerleri refraktometrik yöntem ile saptanmıştır. Titrasyon asitliği değeri titrasyonla saptanırken, pH potansiyometrik olarak pH metre (HANNA HI 221, şehir, A.B.D.) ile belirlenmiştir (10).

Askorbik asit miktarının belirlenmesi

Askorbik asit tayini 2,6-diklorofenolindofenol-ksilen ekstraksiyon metoduna göre spektrofotometrik yöntem ile tespit edilmiştir (10). Bu amaçla,

örnekler önce %6'lık metafosforik asit (HPO_3) ile seyreltilmiş ve her örnek grubu için 3 paralel ve 1 şahit çalışılmıştır. Sırasıyla deney tüplerine örnek, asetat tampon ve 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi ilave edilmiş, ardından karışım vortekslenmiş ve ksilen eklendikten sonra tekrar vortekslenerek santrifüj edilmiştir. Absorbans değerleri, spektrofotometrede 500 nm dalga boyunda ksilene karşı okunmuştur. Örneklere ait askorbik asit değeri aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\text{Askorbik asit (mg/L)} = \frac{(ABS_{\text{şahit}} - ABS_{\text{örnek}}) / \text{Eğim}}{\text{seyreltme faktörü}} \quad (1.1)$$

Antioksidan Aktivite Miktarının Belirlenmesi

Bu amaçla, Miller ve Rice-Evans (1997) ile Arts vd. (2001) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır (11, 12). Antioksidan aktivite tayini analizinde öncelikle 2.45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM'lık ABTS^{o+} çözeltisi hazırlanmıştır. Radikal çözeltisi, örnekler ve troloks standardının seyreltilmesi amacıyla pH 7.4 olan PBS (fosfat tamponu; Phosphate Buffer Saline) çözeltisi kullanılmıştır. ABTS^{o+} radikal çözeltisi, PBS çözeltisi ile 734 nm'de 0.700 (± 0.010) absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmiştir. Radikal çözeltisi üzerine sırasıyla 10 μ l, 20 μ l ve 30 μ l seyreltik örnek ilave edilmiş ve 6 dak. sonundaki absorbans değeri kaydedilmiştir. Bu süre sonunda, saptanmış olan absorbans değeri esas alınarak, başlangıç değerine göre "% azalma oranı (inhibisyon oranı)" hesaplanmıştır. Bu işlem üç kez tekrarlanmış ve inhibisyon oranları hesaplanarak bu değerlerin ortalamaları saptanmıştır.

$$\text{Recovery (\%)} = \frac{A_B - A_S}{A_B} \times 100 \quad (1.2)$$

Burada; A_B başlangıç absorbars değeri, A_S son absorbans değeri.

Böylece 6 dak. sonunda belirelenmiş ortalama yüzde inhibisyon değerleri seyreltik örnek miktarlarına (hacimlerine) karşı bir grafiğe aktarılıp linear regresyon analizi uygulanmak suretiyle, örneğe ait eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örneğe ait olan eğrinin eğimi, troloks ile hazırlanmış olan standart eğrinin eğimine oranlanarak örneğin TEAC değeri hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, örneğe ait seyreltme faktörü de dikkate alınmıştır (11, 12).

Toplam Karotenoit Miktarının Belirlenmesi

Altın çilek suyu örneklerinde toplam karotenoit miktarının belirlenmesi Lee et al. (2001)'e göre

yapılmıştır (13). Bu amaçla, 1:2 (v/v) oranında damıtık su ile seyreltilmiş meyve suyu örneği üzerine ekstraksiyon çözeltisi ilave edilerek (etil alkol:hekzan, 2:5) 4100 rpm ve 4 °C'de 10 dak. santrifüj edilmiştir. Spektrofotometrede 445 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Toplam karotenoit miktarı hazırlanan β -karoten standart eğri yardımıyla hesaplanmış ve yine β -karoten cinsinden ifade edilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Altın çilek suyunda toplam fenolik madde miktarı Singleton and Rossi (1965) tarafından tanımlanmış metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir (14). Bu amaçla 0.5 mL örnek, 37.5 mL su ve 0.5 mL Folin Cioceltau çözeltisi karıştırılarak 3 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 5 mL % 20'lik Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilip su banyosunda 25 °C'de 1 saat bekletilen örneklerin absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda okunmuştur. Bu amaçla; 0.5 mL ekstrakt, 7 mL su ve 0.5 mL Folin Cioceltau çözeltisi karıştırılarak 3 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 5 ml % 20'lik Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilip su banyosunda 25 °C'de 1 saat bekletilen örneklerin absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometrede (Unicam, İngiltere) 720 nm dalga boyunda okunmuştur. Gallik asit standart eğrisi hazırlanmış bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Sonuçlar, seyreltme faktörü de dikkate alınarak bu eşitlik yardımıyla hesaplanmış ve mg gallik asit/L olarak ifade edilmiştir.

İstatistik Değerlendirme

Araştırmada farklı enzim dozajlarının askorbik asit, toplam karotenoit, toplam fenolik miktarları ve antioksidan aktiviteleri için varyans homojenlik testleri yapılmış olup, sonuçlar homojen bulunduğu için ortalamaların karşılaştırılmasında parametrik test olan varyans analizi uygulanmıştır. İstatistik olarak önemli derecede farklı bulunan gruplar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Mayşe Enzimasyonunun Altın Çilek Suyu Randımanı Üzerine Etkisi

Her bir denemede kontrol (K) ve farklı enzim dozaj grupları (E1, E2, E3) için altın çilek suyu randımanları sırasıyla %77, %82, %83 ve %79 olarak hesaplanmıştır.

Mayşe enzimasyonu %3 oranında uygulandığında altın çilek suyu randımanının kontrol grubundan %6 oranında arttığı, preslemenin kolaylaştığı ve presleme süresinin kısaldığı görülmüştür. Meyve suyu endüstrisinde yaygın olarak kullanılan pektinaz enzimi meyve dokusunda hücre içi ve hücreler arasında bulunan kompleks polisakaritleri galaktronik asit gibi daha basit moleküllere parçalamaktadır (15, 16). Böylece meyve suyu randımanını arttırmakta, son üründe ki renk, vizkozite, bulanıklık, briks gibi kalite değerlerini düzenlemekte ve ayrıca tattaki acılığı da azaltmaktadır (16-18).

Diğer farklı araştırmalarda da mayşe enzimasyonunun randıman ve kapasite üzerine etkili olduğu bildirilmektedir (7, 8, 19-22). Karadeniz ve Ekşi (1997) çalışmasında, vişne suyu üretiminde pektinaz enzimi uygulamasının verimi %4-7 oranında arttırdığını göstermiştir (9). Elma suyu üretiminde pektin uygulamasının randıman artışını %10'dan daha fazla oranda arttırdığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (19).

Mayşe Enzimasyonunun Altın Çilek Suyunun Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi

Mayşe enzimasyonu uygulanan altın çilekler (E1, E2, E3) ile uygulanmayan (K) altın çileklerden elde edilen meyve sularının genel kimyasal bileşimi Çizelge 1'de görülmektedir. Pektolitik enzim denen altın çilek suyunda, polisakarit degradasyonundan

dolayı meyve suyu randımanının yanı sıra çözünür katı madde ve titrasyon asitliği değerlerinin artışına neden olmuştur. Demir et al. (2001) havuç püresi ile yaptıkları çalışmada "Pectinex Ultra SP-L" enzimi kullanılmış, uygulama sonrasında üründe pH ve vizkozite düşerken toplam kuru madde ile randımanın arttığı belirlenmiştir (23). Kyamuhangire et al. (2002) muzdan meyve suyu ekstraksiyonunda mekaniksel ve enzimatik yöntemleri karşılaştırmışlardır (24). Çalışmada, enzim ekstraksiyonu ile elde edilen meyve suyunun asitlik, birks, yoğunluk, toplam nitrojen ve mineral potasyum miktarının daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Pektinaz enziminin meyve suyu uygulamalarında randıman ve briks değerini arttırdığını gösteren birçok çalışma yer almaktadır (25).

Mayşeye enzim uygulanmasının altın çilek suyunun askorbik asit miktarı, toplam fenolik madde miktarı, toplam karotenoit miktarı ve antioksidan aktivite değeri üzerine etkisi ise Çizelge 2'de görülmektedir.

Enzim uygulanan gruplar ile kontrol grubu arasındaki askorbik asit miktarları arasındaki farklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kontrol grubu altın çilek suyunda askorbik asit miktarı 44 mg/100 mL olup, bu değer enzim uygulanan örneklerde (E1, E2, E3) sırasıyla 29, 31, 27 mg/100 mL olarak belirlenmiştir.

İncelenen bir diğer özellik toplam karotenoit madde miktarı kontrol grubu altın çilek suyunda

Çizelge 1. Altın çilek sularının genel kimyasal bileşimi
Table 1. General chemical composition of goldenberry juices

Örnek (Sample)	Briks (%) (Brix, %)	pH	TA
Kontrol (K) (Control, C)	16.30	4.00	1.62
Enzim 1 (E1) (Enzyme 1, E1)	17.00	3.90	1.64
Enzim 2 (E1) (Enzyme 2, E2)	17.10	3.90	1.60
Enzim 3 (E1) (Enzyme 3, E3)	17.10	3.90	1.67

* TA: Titrasyon Asitliği, Sitrik Asit g/100 mL (Titratable Acidity, citric acid g/100 mL)

Çizelge 2. Altın çilek sularının Askorbik asit, Fenolik madde, Karotenoit miktarı ve Antioksidan aktiviteleri
Table 2. Ascorbic acid, phenolic compound, carotenoid content and antioxidant activity of goldenberry juices

Örnek (Sample)	Kontrol (K) (Control, C)	Enzim 1 (E1) (Enzyme 1, E1)	Enzim 2 (E2) (Enzyme 2, E2)	Enzim 3 (E3) (Enzyme 3, E3)
AAM	44 ^a ±5.696	29 ^{bc} ±2.849	31 ^a ±2.476	27 ^c ±0.950
TF	756 ^a ±26.269	738 ^a ±10.392	785 ^a ±13.856	745 ^a ±16.743
TK	20.17 ^a ±0.089	13.74 ^c ±0.059	17.04 ^b ±0.019	13.52 ^c ±0.068
AA	4.23 ^a ±0.006	4.28 ^a ±0.006	4.23 ^a ±0.006	4.49 ^a ±0.006

Not: AAM; Askorbik asit miktarı (mg/100 mL), TF; Toplam fenolik madde miktarı (mg/L), TK; Toplam karotenoit madde miktarı (µg/mL), AA; Antioksidan aktivite, (Trolox mM/L).

Note: AAM: Ascorbic acid content (mg/100 mL), TF: Total phenolic content (mg/L), TK: Total carotenoid content (µg/mL), AA: Antioxidant activity (Trolox mM/L).

en yüksek miktarda (20.17 µg/mL) bulunmuştur. Enzim uygulamasının ardından belirlenen toplam karotenoit miktarlarında, E1 (13.74 µg/mL) ve E3 (13.52 µg/mL) gruplarının önemli miktarda karotenoit kaybı olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). En yüksek randıman gösteren E2 grubunun, hem askorbik asit değerinde (31 mg/100 mL) hem de toplam karotenoit miktarında (17.04 µg/mL) en az kayba sahip olduğu görülmüştür. Sharoba and Ramadan (2009) yaptıkları çalışmada altın çilek suyu üretiminde 300 ppm ve 600 ppm olmak üzere iki farklı dozaj denemişlerdir. Çalışmada, işlem görememiş meyve suyunun kimyasal özellikleri belirlenmiş ve enzim uygulaması ardından reolojik ve duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Altın çilek suyunun askorbik asit değeri 51.8 mg/100 mL olarak belirlenmiştir. Bu değer çalışmamızda kullanmış olduğumuz meyvenin içerdiği askorbik asit değerinin biraz üzerindedir. Karoten miktarı ise bizim belirlediğimiz sonuç aralığında olan 2.38 mg/100g olarak ifade edilmiştir (26).

Mayşe enzimasyonunun toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi istatistik olarak incelendiğinde, yine kontrol grubu (K) ve enzim grupları (E1, E2, E3) arasındaki farklar önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Literatürlerde altın çilek meyvesinin içerdiği askorbik asit miktarının (46 mg/100 g), elma (6 mg/100 g), şeftali (7 mg/100 g) gibi birçok meyveden daha yüksek olduğu, bunun yanında askorbik asit içeriğinin yüksek olduğu bilinen portakal (50 mg/ 100g) ve çilek (60 mg/ 100 g) gibi meyvelere ise yakın olduğu yer almaktadır (24). Fenolik içeriğini ayrıntılı bir şekilde inceleyen çalışmalarda ise, altın çilek meyvesindeki başat fenolik bileşiğin kuersetin olduğu ve ardından en çok kamferol ve mirisetin içerdiği yer almıştır (6, 27). Ayrıca, birçok kaynakta altın çilek suyunun yüksek miktarda toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu ifade edilmiştir (4). Nur et al. (2009) tarafından yapılan ve kırmızı pitaya meyvesinden pektinaz enzimi yardımıyla meyve suyu üretimini konu alan çalışmada enzim uygulamasının meyve suyu kimyasal kompozisyonu ve fonksiyonel özelliklerini etkilediği ortaya konmuştur. Araştırmacılar çalışmamızla benzer şekilde, C vitamini başta olmak üzere total fenol içeriği ve diğer kimyasal özelliklerin önemli seviyede

azaldığını belirtmişlerdir. Ancak, antioksidan kapasitesinde enzim uygulamasının ardından %7'lik artış olduğu ifade edilmiştir (28). Antioksidan aktivite değerini konu alan çalışmalarda, altın çilek gibi bazı üzümü meyvelerden meyve suyu üretiminde antosiyaninler, polifenoller vb. antioksidan aktiviteye sahip bazı bileşiklerin meyve suyuna geçişi nedeniyle antioksidan aktivitede artış olabileceği yer almıştır (29, 30). Ayrıca mevcut çalışmalarda altın çilek meyvesinin yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve domates, şeftali, elma, havuç gibi meyveler ile yakın değer gösterdiği yer almıştır (29-33).

Meyve sularında fenolik maddelerin antioksidan aktivite değerinde önemli rolü olduğu, bu nedenle de altın çilek suyu antioksidan aktivite değerinin yüksek olduğu veya olması gerektiği geniş yer bulmuştur. Birçok çalışmada altın çilek suyu antioksidan aktivite değeri belirlenmiş, ancak farklı yöntemler tercih edilmiştir (4, 6, 11, 34, 35).

Yapılan birçok farklı araştırma ile altın çileğin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve diğer antioksidanlarla sinerjistik etki gösterdiği ortaya konmuştur (36-39). Örneğin, meyvelerde yüksek antioksidan kapasitesinden yüksek fenolik madde içeriğinin sorumlu olduğu bilinmektedir (39). Askorbik asit miktarının ise antioksidan kapasite değeri üzerine minör rol oynadığı, ancak %15'ten daha az bir total antioksidan kapasitesine neden olduğu ortaya konmuştur (39, 40). Araştırmalarda, altın çilek meyvesinin antioksidan aktivitesi ile fenolik madde içeriği arasında korelasyon olduğunu gösteren ve yüksek korelasyon tespit edemeyen (41-44) farklı çalışmalar mevcuttur. Çalışmamızda altın çilek sularının farklı oranlarda enzim uygulaması sonucunda antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde bileşimi arasındaki korelasyon katsayıları yorumlanmış ve herhangi bir ilişki saptanmamıştır. Benzer şekilde askorbik asit miktarı ile antioksidan aktivite değişimi arasında da herhangi bir ilişki saptanmamıştır.

Meyve suyu işlemede enzim uygulamaları hammaddenin daha verimli kullanımı ve dolayısıyla maliyet kontrolü için gerekli bir işlemdir. Ayrıca, enzimasyon uygulamaları ürün kalitesi ve sürekliliği açısından da önem taşımaktadır. Meyve sularındaki geniş ürün çeşitliliğine rağmen, üzümü meyveler son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Özellikle altın çilek lezzeti ve biyolojik değeri ile öne çıkmayı

başarmıştır. Çalışmamızda elde edilen veriler altın çilek meyvesinin özellikle C vitamini değerinin oldukça yüksek olduğunu göstermiştir. Yine belirlenen toplam fenolik ve antioksidan aktivite miktarlarının yüksek olması biyolojik değerini artırmaktadır. Depektinizasyon uygulanmış meyve suyu üretimi ile askorbik asit ve toplam karotenoit değerinin önemli oranda düştüğü, ancak toplam fenolik miktarı ile antioksidan aktivite değerinin ise değişmediği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2209-Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destekleme Programı (2011) tarafından desteklenmiş olup, yazarlar TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirlir.

KAYNAKLAR

1. Ramadan MF, Mörsel JT. 2003. Oil Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *J Agric Food Chem*, 51: 969-974.
2. Anonim. 2008. <http://www.family-content.com/health/herbs/cape-gooseberry>. (Erişim tarihi 23.12.2014).
3. Sharoba AM, Ramadan MJT. 2007. Rheological behavior and physicochemical characteristics of goldenberry (*Physalis peruviana*) juice as affected by enzymatic treatment. *J Food Process Preserv*, 35: 452-460.
4. Ramadan MF, Morsel JT. 2007. Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice. *J Sci Food Agric*, 87: 452-460.
5. Puente MJ, Merino S, Tomas G. 2010. The blood parasite Haemoproteus reduces survival in a wild bird: A education experiment. *Biol Letters*, 6: 663665.
6. Ramadan, MF. 2011. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Res Int.*, 44(7): 1830-1836.
7. Junker R. 1987. Lohnt Sich Die Investition In Ein Apfelmalscheenzym. *Flüss Obst*. 54: 435-444.
8. Schobinger U, Dürr P, Waldvogel R. 1988. Versuche über den Einsatz von Enzymen in der Maische bei der Apfelsaftherstellung. *Flüss Obst*, 55: 121-124.

9. Karadeniz F, Ekşi A. 1997. Mayşe Enzimasyonunun Vişne Suyu Randımanı ve Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi. *Turk J of Agric*, 23: 347-353.
10. Cemeroglu B. 2010. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisinde Analiz Metotları, s1-s65, Biltav Yayınları, Ankara.
11. Miller NJ, Rice-Evans, CA. 1997. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS radical cation assay. *Free Radic Res Commun*, 26: 195-199.
12. Arts IC, Hollman PC, Feskens EJ. 2001. Catechin intake might explain the inverse relation between tea consumption and ischemic heart disease: The Zutphen Elderly Study. *Am J Clin Nutr*, 74: 227-32.
13. Lee HS, Castle WS. 2001. Seasonal Changes of Carotenoid Pigments and Color in Hamlin, Earlygold, and Budd Blood Orange Juices. *J Agr Food Chem*, 49: 877-88.
14. Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16: 144-158.
15. Kashyap DR, Vohra PK, Chopra S, Tewari R. 2001. *Bioresource Technol*, 77: 215-227.
16. Riberiro DS, Henrique SMB, Oliveria LS, Macedo GA, Fleuri LF. 2010. Enzyme in juice processing: A review. *International J Food Sci Tech*, 45: 635-641.
17. Uçan F, Akyıldız A, Ağçam E, Polat S. 2014. Limon Ekşisi Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *GIDA*, 39 (5): 283-290.
18. Yücel RY. 1993. Mayşe Sıvılaştırmanın Elma Pres Suyu Randımanı ve Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 56 s.
19. Srivastava S, Tyagi SU. 2013. Effect of Enzymatic Hydrolysis on the Juice Yield from Apple Fruit (*Malus domestica*) Pulp. *Int J Biotech Bioeng Res*, 4 (4): 299-306.
20. Sharma PH, Patel H, Sharma S. 2014. Enzymatic extraction and clarification of juice from various fruits-A Review. *Trends in Postharvest Tech*, 2(1): 01-14.
21. Kumar L, Nagar S, Mittal A, Garg N, Gupta VK. 2014. Immobilization of xylanase purified from *Bacillus pumilus* VLK-1 and its application in enrichment of orange and grape juices. *J Food Sci Tech*, 51(9): 1737-1749.

22. Toaldo IM, Gois JS, Fogolari O, Hamann D, Borges DLG, Bordignon-Luiz, MT. 2014. Phytochemical Polyphenol Extraction and Elemental Composition of *Vitis labrusca L.* Grape Juices Through Optimization of Pectinolytic Activity. *Food Bioprocess Tech*, 7(9): 2581-2594.
23. Demir N, Acar J, Sarioğlu K, Mutlu M. 2001. The use of commercial pectinase in fruit juice industry. Part 3: Immobilized pectinase for mash treatment. *J Food Eng*, 47(4): 275-280.
24. Kyamuhangire W, Myhre H, S rensen HT, Pehrson R. 2002. Yield, characteristics and composition of banana juice extracted by the enzymatic and mechanical methods. *J Sci Food Agric*, 82 (4): 478-482.
25. Landbo AK, Kaack K, Meyer AS. 2007. Statistically designed two step response surface optimization of enzymatic prepress treatment to increase juice yield and lower turbidity of elderberry juice. *Innov Food Sci Emerging Tech*, 8(1): 135-142.
26. Sharoba AM, Ramadan MF. 2011. Rheological behavior and physicochemical characteristics of goldenberry (*Physalis peruviana*) juice as affected by enzymatic treatment. *J Food Process Pres*, 35: 201-219.
27. Häkkinen SH, Kärenlampi SO, Heinonen IM, Mykkänen HM, Riitta AT. 1999. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. *J Agric Food Chem*, 47: 2274-2279.
28. Nur AR, Mazlina MK, Taip FS. 2011. Effects of Commercial pectinases application on selected properties of red pitaya juice. *J Food Process Eng*, 34: 1523-1534.
29. Cao X, Zhang Y, Zhang F, Wang Y, Yi J, Liao X. 2011. Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. *J Sci Food Agric*, 91, 877-885.
30. Vega-Gaálvez A, Lopez J, Torres-Ossand n MJ, Galotto MJ, Puente-D az L, Quispe-Fuentes I, Scala KD. 2014. High hydrostatic pressure effect on chemical composition, color, phenolic acids and antioxidant capacity of Cape gooseberry pulp (*Physalis peruviana L.*). *Food Sci Tech*, 58: 519-526.
31. Huang W, Bi X, Zhang X, Liao X, Hu X, Ji-hong W. 2013. Comparative study of enzymes, phenolics, carotenoids and color of apricot nectars treated by high hydrostatic pressure and high temperature short time. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18: 74-82.
32. Patras A, Brunton N, Da Pieve S, Butler, F. 2009. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innov Food Sci Emerg Tech*, 10: 308-313.
33. Queiroz C, Moreira CFF, Lavinás FC, Lopes MLM, Fialho E, Valente-Mesquita VL. 2010. Effect of high hydrostatic pressure on phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity in cashew apple juice. *High Pressure Res*, 30(4): 507-513.
34. Meyer AS, Yi OS, Pearson DA, Waterhouse AL, Frankel EN. 1995. Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation in relation to composition of phenolic antioxidants in grapes (*Vitis vinifera*). *J Agric Food Chem*, 45: 1638-1643.
35. Rapisarda P, Tomaino A, Lo Cascio R, Bonina F, De Pasquale A, Saija, A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *J Agric Food Chem*, 47: 4718-4723.
36. Ramadan MF, Moersel JT. 2009. Oil extractability from enzymatically treated goldenberry (*Physalis peruviana L.*) pomace: range of operational variables. *International J Food Sci Tech*, 44 (3): 435-444.
37. Ramadan MF. 2011. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Res Int*, 44: 1830-1836.
38. Ramadan MF, Mörsel JT. 2007. Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana L.*) juice. *J Sci Food Agric*, 87: 452-460.
39. Valdenegro M, Almonacid S, Henr quez C, Lutz M, Fuentes L, Simpson R. 2013. The Effects of Drying Processes on Organoleptic Characteristics and the Health Quality of Food Ingredients Obtained from Goldenberry Fruits (*Physalis peruviana*). Open Access Scientific Reports, 2, 642, doi:10.4172/scientificreports.

40. Wang H, Cao GH, Prior RL. 1996. Total Antioxidant Capacity of Fruits. *J Agric Food Chem*, 44: 701-705.
41. Chan EWC, Lim YY, Wong SK, Lim KK, Tan SP. 2009. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chem*, 113, 166-172.
42. Ching CH, Lin HY, Chang CY, Liu YC. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *J Food Eng*, 77: 478-485.
43. Kwok BHL, Hu C, Durance T, Kitts DD. 2004. Dehydration Techniques Affect Phytochemical Contents and Free Radical Scavenging Activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt). *J Food Sci*, 69, 122-126.
44. Henriquez C, Speisky H, Chiffelle I, Valenzuela T, Araya M. 2010. Development of an ingredient containing apple peel, as a source of polyphenols and dietary fiber. *J Food Sci*, 75: 172-181.

GIDA TOZLARI: ÖZELLİKLERİ VE KARAKTERİZASYONU

Ertan Ermis*

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Geliş tarihi / Received: 29.12.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 07.04.2015

Kabul tarihi / Accepted: 14.04.2015

Özet

Gıda tozlarının daha iyi anlaşılması, gıda sanayide kullanılan üretim tekniklerinin iyileştirilmesi, üretim verimlerinin artırılması, üretim hattındaki kayıpların azaltılması, temizlik için üretime ara verilme zamanı ve sıklığının azaltılması ve etkin proses alet/ekipman dizaynı için gıda tozlarının fiziksel, kimyasal ve davranış özelliklerinin karakterize edilmesi gereklidir. Gıda maddelerinden elde edilen toz ürünlerin karmaşık yapıları nedeniyle, istenen kalite ve özelliklerde ürün elde edilebilmesi için toz partiküllerinin şekil, boyut, fizikokimyasal yapı, çözünme gücü ve partiküller arası yapışma kuvveti gibi özelliklerin kontrol edilmesi gereklidir. Proses maliyetlerini azaltmak ve gıda proseslerinin ve bu proseslerde kullanılan alet/ekipmanların dizaynını doğru yapabilmek, toz kütlesi akışı, akışa karşı direnç, kek oluşturma potansiyeli ve yüzeylere yapışma kuvveti gibi özelliklerin iyi anlaşılmasını gerektirir. Bu araştırmada gıda tozlarının genel özellikleri ve günümüze kadar kullanılan bazı karakterizasyon tekniklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca, gıda tozları mühendisliği alanında yapılan çalışmaların ve partikül karakterizasyonunun sağlayabileceği potansiyel faydalara değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Gıda tozları, partikül karakterizasyonu, toz gıda üretimi

FOOD POWDERS: PROPERTIES AND CHARACTERIZATION

Abstract

Characterization of physical, chemical and behavioral properties of food powders are necessary and need to be done to better understand food powders, to improve production techniques used, to increase production efficiency, to reduce the losses in the process line, to reduce the down-time for cleaning and frequency, and to design process equipment used in the food industry effectively. Due to the complex structure of powdered products produced from food materials, to obtain the desired properties and quality in the final product, it is necessary to control the properties such as size, shape, physico-chemical structure, dissolution, and particle cohesion. Better understanding of powder mass flow, resistance to flow, cake forming potential and adhesion strength onto the surfaces is required to reduce processing costs and to design processes and equipment correctly. In this review, information about general properties of food powders and some characterization techniques are given. Additionally, potential benefits which can be derived from research in food powders engineering field and particle characterization are discussed.

Keywords: Food powders, particle characterization, powdered food production

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ertan.ermis@izu.edu.tr,

☎ (+90) 212 692 9722,

☎ (+90) 212 693 8229

GİRİŞ

Gıda tozları, gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir ve genellikle kristal veya amorf yapıdadırlar. Sağladığı bazı avantajlardan (taşıma ve depolamada kolaylık, mikrobiyal stabilite gibi) dolayı gıda hammaddeleri çeşitli teknikler kullanılarak toz haline getirilirler (1-3). Son yıllarda pek çok gıda maddesi toz formunda üretilmiş ve ticarileştirilmiştir (4). Bu nedenle üretim ve depolama koşullarındaki davranışlarının iyi bilinmesi gereklidir (5). Sıklıkla kullanılan gıda tozlarına yumurta tozu, süt tozu, gıda katkı tozları, vitamin tozları, toz formundaki baharatlar, aroma vericiler, renklendiriciler, tuz, şeker, un, malt içecekler, toz çorbalar, instant kahve vb. verilebilir (2).

Gıda tozlarının özelliklerinin tanımlanması konusunda yapılan bilimsel araştırmalar yetersizdir (4, 6). Bununla birlikte son yıllarda bazı gıda üreticileri ve araştırmacılar gıda tozlarının performansını daha iyi anlamak, karakterize etmek ve daha iyi kontrol edebilmek için çalışmalar yapmaktadırlar (6). Doksanlı yılların başlarından itibaren firmalar, makine üreticileri ve araştırmacılar tarafından gıda tozları karakterizasyonu ve sorunlara çözüm bulmaya yönelik olarak Gıda Tozları Mühendisliği kavramı oluşturulmuştur (4). Bu yaklaşım gıda tozlarının depolama, formülasyon, üretim, paketlenme, karıştırma, sıkıştırma, taşıma ve yeni ürün geliştirmede davranışlarının daha iyi anlaşılabilmesi ve kontrol edilebilmesini kapsamaktadır (2, 7). Ayrıca tozların üretimi ve işlenmesinde kullanılan silo, boşaltma hunisi, taşıma sistemleri gibi alet-ekipmanların dizayn çalışmalarının da yine parçacık (partikül) özellikleri ve toz kütlesi davranışları bilgilerine göre yapılması gereklidir (7).

Gıda tozları karakteristikleri ve parçacık yüzey özellikleri, toz üretimi (öğütme, püskürtmeli kurutma, kristalizasyon vb.) ve tozların gıdalara uygulanmalarında (yüzey kaplama, akışkanlık kazandırma, agglomerasyon, dispersiyon, çözünürlük, adhezyon, kohezyon vb.) gösterecekleri davranışlarda kilit role sahiptirler (4, 5). Bu nedenle gıda tozları davranışlarının ve fonksiyonelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için çevresel faktörlerle (bağıl nem, sıcaklık, gaz kompozisyonu vb.) birlikte parçacık yüzey karakteristikleri, yüzey bileşenleri, fiziksel ve kimyasal etkileşimlerinin iyi bilinmesi ve birlikte değerlendirilmesi gereklidir (4, 5).

GIDA TOZLARI GENEL ÖZELLİKLERİ VE DAVRANIŞLARI

Tozların Akışkanlığı ve Akışkanlığa Etki Eden Faktörler

Tozların akışkanlığı, bir kısım toz kütlesinin toz yığınının içerisinde komşu toz kütlesi üzerinde veya içinde buldukları depolama ünitelerinin duvar yüzeyleri üzerindeki kısmi hareketi veya basitçe akma kabiliyeti olarak tanımlanmıştır (8). Gıda tozlarının akışkanlığı, parçacık fiziksel özelliklerine (boyut, şekil) ve yüzey kimyasal bileşimine büyük oranda bağlıdır (4, 10). Ayrıca, basınç, nem ve sıcaklıktan etkilenir. Tozların akışkanlığı, kolay akan (easy flow), yapışkan (cohesive), çok yapışkan (very cohesive) ve ileri derecede yapışkan (extremely cohesive) şeklinde sınıflandırılabilir (12). Üretim aşamalarında gıda tozlarının fiziksel özellikleri ve akışkanlık özelliklerinin bilinmesi uygulanan işlemlerin verimliliği açısından önemlidir (4, 9-11). Tozların akışkanlık özelliği üretimde kullanılan alet-ekipmanlarda (silo, taşıma bandı, boşaltma hunisi vb) davranışlarına etki eder.

Toz kütlesinin sahip olduğu nem içeriği, partiküllerin birbirine yapışmasında önemli role sahiptir (10, 11, 13). Nem içeriğindeki değişim; kütle yoğunluğu, sıkıştırılabilirlik, partikül fiziksel özellikleri, yapışkanlık, kek oluşumu, partiküller arası adhezyon ve kohezyon özelliklerini etkiler (10, 12, 14-16).

Gıda tozları donma noktasının altındaki sıcaklıklarda akışkanlık özelliklerini büyük ölçüde kaybederler (10). Sıcaklığı donma noktasının biraz üzerinden 30-40°C'ye kadar değiştirmek, erime ya da camsı geçiş sıcaklığına ulaşmadığı sürece akışkanlık özelliğine çok etki etmez (10, 11). Ancak granül yapıdaki toz partiküllerinin sıcaklığa bağlı olarak kristal yapısındaki ve diğer özelliklerindeki değişimler sonucu kek oluşumu gözlemlenebilir (10).

Sıkışma Basıncı

Toz kütlesinde oluşan mekanik etkiler (titreşimler, çarpma, basınç vb) sonucu partiküllerin kırılarak daha küçük parçalara ayrılması, daha fazla noktada birbiriyle etkileşimi ile adhezyon gücünün artması ve kohezif kemer oluşumunun meydana gelmesi söz konusudur (10).

Partikül Şekli, Boyutu ve Dağılımı

Partikül şekilleri genelde asiküler (iğne benzeri sivri uçlu), köşeli, kristalize, dallanmış, lifli, pulsü, granüler (simetrik boyutlu tanecikler şeklinde), düzensiz, modüler (yuvarlatılmış düzensiz şekil)

ve küre vb. şekil yapılarında olabilir (9). Gıda tozları partikül boyutu ve dağılımı, akışkanlığa olduğu kadar kütle yoğunluğuna (bulk density), duruş açısına (angle of repose), ve sıkıştırılabilirliğe (compressibility) de büyük oranda etki eder (10, 14). Partikül boyutunun küçülmesi, birim kütlede birbiri ile etkileşim içerisinde bulunan partikül yüzey alanını ve kohezyon gücünü artıracığından akışkanlığı olumsuz etkiler (10, 15). Gıda tozlarının partikül boyutundaki artış, kütle yoğunluğunun azalmasına neden olur (10).

Partikül Yüzey Kompozisyonu

Yüzeylerde bulunan yağ çeşidi ve içeriği, nem miktarı, akışkanlığa etki eden önemli faktörlerdendir (17). Akmayı kolaylaştırıcı ve keklenme önleyici maddeler gıda tozlarına gıda katkısı olarak kullanılabilir. Bu katkılar genellikle inert ve suda çözünürlüğü çok düşük olup % 2'ye kadar konsantrasyonlarda kullanılmaları yeterli olmaktadır. Bu kimyasalların partikül büyüklükleri ne kadar küçük olursa o kadar akışkanlığı kolaylaştırırlar. Bu tür maddelerin toz kütlelerine eklenmesi kütle yoğunluğu değerinde artışa neden olur (10).

Kek Oluşumu

Sebze ve meyve tozları, toz şeker, süt tozu, peynir altı suyu tozu, farklı et tozları, hidrolize protein tozları, toz gluten, toz nişasta ve un gibi gıda maddeleri yüksek oranda amorf yapıdaki toz partikülleri içerirler (18). Kek oluşumu, serbest halde bulunan ve suda çözünme özelliğinde olan amorf partiküllerin iki ya da daha fazlasının temas ederek bir araya gelmeleri ve etkileşimleri sonucu katı yapı oluşumu şeklinde tanımlanmıştır (19, 20). Amorf parçacıkların kısmi çözünmesi ve kristal yapıdaki toz maddesinin tekrar kristalizasyonu sonucu kek oluşumu görülebilmektedir (19). Bu durum üretimde kullanılan alet-ekipmanların yüzeylerinde topraklanmaya neden olmaktadır (19, 21). Depolama koşulları, partiküllerin kimyasal içeriği, molekül dağılımı ve mekanik kenetlenme özellikleri kek oluşumuna etki eder (19, 20, 13). Elektrostatik ve van der Waals kuvvetlerinin kek oluşumuna etkileri yok denecek kadar azdır (19).

Sinterleme (sintering)

İki amorf partikülün etkileşimi sonucu viskoz yapıda bir köprü oluşması ve bunun sonucunda tek bir partikül gibi davranmaları sinterleme olarak tanımlanmıştır (18, 19). Bu yeni partikül yüzey serbest alanını (free surface area) azaltma eğilimindedir ve bunun için her bir partiküldeki moleküller temas noktasına doğru hareket ederler (19).

Yapışkanlık (stickiness)

Gıda tozlarının yapışkanlığı kohezyon (partikül-partikül) ve adhezyon (partikül-yüzey) şeklinde sınıflandırılabilir (22). Gıda tozlarının agglomerasyonu dışında istenmeyen bir özelliktir (9). Özellikle peynir altı suyu, laktöz, protein hidrolizatı, yağlı süt ve şekerli gıdalar gibi bazı gıda maddelerinin kurutulmuş toz haline getirilmesi ve işlenmesinde sorun oluşturmaktadır (9). Viskozite, nem, sıcaklık, basınç (sıkışma), partikül yüzey kompozisyonu ve gıda katkılarının varlığı gibi faktörler yapışkanlığa etki ederler. (22).

Aglomerasyon (agglomeration)

Aglomerasyon, birincil gıda tozu partiküllerinin biraraya gelerek/getirilerek poroz yapıdaki daha büyük ikincil partiküllerin oluşması ya da kümelenmesi olarak tanımlanmıştır (18). Agglomerasyon ile kütle yoğunluğu, akışkanlık özelliği, kırılmalara karşı direnci gibi özellikler iyileştirilebilir (2, 9). Ayrıca agglomerasyon ile topaklanmadan çözünme ve rehidrasyon özelliği artırılabilir (9, 19). Bunun yanında istenmeyen agglomerasyonlar, amorf toz kütlelerinin yüzeylere yapışmasına ve/veya topaklanmasına (kek oluşumuna) neden olabilmektedir (23). Bu durum, akışkan yatakların tıkanması, tozların kütle halinde sertleşmesi, silo ve boşaltma hunilerinde akmama gibi problemlere neden olabilir (19). Nem ve sıcaklık artışı, partiküller arasındaki adhezyon gücünü artırıcı etkiye sahiptir (23). Bazı işlemlerde partiküller geliş güzel bir şekilde temas ederek aglomeratlar oluştururlar (18). Partikülleri bir araya getirerek aglomerat oluşturmak için basınç veya sıkıştırma gücü kullanılabilir. Bu uygulama silindir ile sıkıştırma, briketleme veya tabletleme şeklinde yapılabilir (18).

Camsı Geçiş (glass transition) Sıcaklığı

Amorf yapıdaki gıda tozlarında camsı geçiş sıcaklığına (T_g) ısıtılması ile molekül hareketleri sonucu yapışkanlık, kristalizasyon ve kek oluşumu gibi değişiklikler söz konusu olmaktadır (11, 16, 24). Böylece amorf toz yapıdaki gıda maddesi, cam benzeri katı halden lastiğimsi yapıya ve daha sonra da viskoz-plastik yapıya geçer (16, 18, 21, 22). Bu geçiş sırasında viskoz sıvıya benzer özellikler, katıya benzer (elastik) özelliklere karşı baskın hale gelir. Bu değişim, camsı geçiş (glass transition) olarak tanımlanmıştır (21).

Adhezyon ve Kohezyon

Adhezyon, partiküllerin yüzeylere tutunmasını, kohezyon toz partiküllerinin bir arada tutulmasını

sağlayan kuvvet olarak belirtilmiştir (22, 25). Adhezyon, granül yapıdaki gıda tozları partiküllerinin içerisinde bulunduğu depo ünitesinin, ambalajın, taşıma bantlarının ve/veya gıda maddelerinin yüzeylerine yapışmasıdır (10). Partiküller arası oluşan sıvı ve katı köprüleri, van der Waals, elektrostatik ve manyetik çekim kuvvetleri gibi yüzey ve alan kuvvetleri nedeniyle adhezyon kuvveti oluşur (10, 23, 30). Ayrıca fiziksel olarak kenetlenme sonucu da adhezyon görülebilir (31). Kohezyon kuvveti, sıvı köprüleri, van der Waals, elektrostatik ve manyetik çekim kuvvetlerinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (10). Kohezyon; partikül boyutu, şekli, yüzey yapısı, yüzey enerjisi, sertlik, elastikiyet gibi özelliklerden etkilenir (26). Partiküllerin birbirine ya da yüzeylere yapışmasını önlemek için uygulanacak kuvvetin adhezyon ve kohezyon kuvvetlerinden büyük olması gereklidir (27).

Kek oluşumu esnasında sırasıyla plastik deformasyon, van der Waals kuvvetlerinin artması, visko-elastik deformasyon, düşük viskoziteli sıvı köprülerinin oluşması, yüksek viskoziteli amorf köprülerinin oluşması, kristal katı köprülerin oluşması gibi davranışlar gözlenir (18, 19, 28). Ayrıca mekanik kenetlenmeler ve elektrostatik kuvvetler de bu etkileri artıran diğer faktörlerdir (18, 28).

Tozlar ile yüzeyler arasındaki adhezyon, birçok teknolojik alanda ve gıda proseslerinde (toz kaplama gibi) önemli rol oynar (29). Tozların gıda yüzeylerine yapışmasının iyi anlaşılması ile çevre kirliliğinin azaltılması, işlem verimliliğinin artırılması, toz kayıplarının azaltılması ve endüstriyel hijyen kalitesinin artırılması konularında iyileştirmeler yapılabilir (29, 30). Kohezyon ve adhezyon kuvvetlerinin iyi anlaşılması, üretimde kullanılan alet/ekipmanlarda oluşan aşınma, yıpranma ve çatlama gibi olumsuzlukların azaltılmasına yardımcı olabilir (28, 29).

Adhezyon ve kohezyon kuvvetleri, gıda ekipmanları yüzeylerinde tozların birikmesine ve kümelenmesine neden olmaktadır (32). Özellikle uygulanan sıcaklığın etkisiyle yüzeylerde birikmeler daha etkin hale gelir ve bu yüzeylerin belli periyotlarda temizlenmesi gerekir. Gıda üretiminde yüzeylere yapışma sonucu üretime ara verme zamanında artış (alet ekipman temizliği vb. için) ve ekonomik kayıplar (yüzeylerde birikmeler sonucu üretim kapasitesinin düşmesi, sanitasyon sorunları vb.) söz konusu olacağından yüzeylere yapışmanın en az seviyede olması istenir (30, 31).

Çözünme (dissolution)

Gıda endüstrisinde gıda tozlarının kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Süt tozu, instant kahve gibi gıda tozlarının tüketici tarafından hızlı ve tam çözünmesi istenir (1). Gıda tozlarının çözünmesi karmaşık bir davranıştır ve 4 ana aşamada değerlendirilebilir. Bunlar; ıslanma, batma, dağılma ve çözünmedir (3, 33). Soğuk ve sıcak sıvılarda en az mekanik etki ile (karıştırma, çalkalama vb.) topaklanmadan ve çökelti oluşturmadan dağılması ve çözünmesi tam olan gıda tozları instant olarak tanımlanmıştır (3, 33). Gıda tozlarının fiziksel yapıları ve yağ içerikleri sıvılarda çözünmelerini olumsuz etkileyebilir ve topaklanmaya neden olabilir (34).

Duruş Açısı (angle of repose)

Duruş açısı, belirlenmiş bir yükseklikten bırakılan granül yapıdaki toz kütesinin oluşturduğu yığının eğimi ile yatay çizgisinin oluşturduğu açı olarak tanımlanmıştır (10). Duruş açısı, akışkanlık özelliklerinin kalitatif ifade edilmesinde kullanılabilir. Toz maddenin nem içeriği açının değerine etki eder. Açı ne kadar küçükse akışkanlık o kadar iyidir. 50-60° ve büyük açılar tozun akışkanlığının çok düşük olduğu anlamına gelir. 30-40° ler kısmen akışkanlığın iyi olduğunun göstergesidir (5, 10).

Duvar Sürtünme Açısı (angle of wall friction)

Belirlenmiş normal basınç altında oluşturulan normal gerilimin sürtünme gerilimine bağlı değişim grafiği (wall yield locus) üzerindeki bir nokta ile orijin arasında çizilen çizgi ile dikey doğru arasındaki açı olarak tanımlanmıştır. Wall yield locus, toz kütesine uygulanan normal basıncın etkisi altında toz kütesinin akışkanlığa direncini kırmak için gerekli olan yatay basıncın ölçülmesi ile oluşturulur (5).

Sürtünme Kuvvetleri

İç sürtünme açısı (angle of internal friction), partiküllerin birbiri üzerinde hareket etmesi veya kayması için gerekli olan kuvvetin bir ifade şeklidir (10). İç sürtünme, partikül yüzey sürtünmesi, partikül şekli, elastikiyeti, partikül boyutu ve dağılımı gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterir (10). Gıda tozlarının üretimi işlenmesi aşamalarında kullanılan depo ve üretim elemanlarının dizaynında iç sürtünme açısı değeri, duvar sürtünmesi değeri ile birlikte kullanılır (10, 11). İç sürtünme açısı ölçümü, kaydırma (shear) testi ile yapılabilir (5).

Duvar sürtünmesi (wall friction), toz kütlelerini oluşturan partiküller ile depo ünitesi duvar iç yüzeyi arasında akmaya karşı oluşan direnç olarak tanımlanmıştır (11). Duvar yüzey yapısı ve özellikleri (yüzeyin pürüzlülüğü, aşınma, korozyon vb), toz maddenin özellikleri, ve ortam şartları gibi etkenlerde bağlı olarak değişir (10).

Sıkıştırılabilirlik (compressibility)

Belirlenen ebatlardaki kaplarda toz kütlesi sıkıştırılır ve sıkışan kütle yapısını bozmak için gerekli kuvvet deneysel olarak belirlenerek basınç-yoğunluk oranına dönüştürülür (10).

Sıkıştırılmış toz kütlesi yoğunluğunun serbest haldeki toz kütlesi yoğunluğuna oranı Hausner Oranı (Hausner ratio) olarak belirtilmiştir (35). Toz kütlelerinin sıkıştırılabilirliğinin yüksek olması, akışkanlığının zayıf olması anlamına gelmektedir (10, 35).

GIDA TOZLARI KARAKTERİZASYONU

Toz kütlesi akışkanlığı ölçümü test teknikleri

Gıda tozlarının kütle akışkanlığını ölçmede günümüze kadar farklı teknikler geliştirilip kullanılmıştır (36). Gıda tozları akışkanlığı karakterizasyonunda günümüze kadar kullanılan analitik tekniklerinden bazıları; dairesel kesme hücresi (annular shear cell) (37), dönerli hücre (rotational cell) (38, 39), Jenike shear cell (14, 38, 40), Hausner oranı ve Carr indisi (16), duruş açısı (angle of repose) (36), konik huni (36), halka kesme testi (ring shear tester) (21), üç eksenli hücre (triaxial cell) (38), direkt kesme hücresi (direct shear cell) (25, 38), toz akışı ölçer (Powder Flow Tester (PFT)) (15), tek eksenli sıkıştırma testi (uniaxial compression test) (7), akış hızına bağlı toz akış testi (12) olarak sıralanabilir.

Kek Dayanımı Ölçüm Metotları

Kek oluşumu ölçümünde kullanılacak bir yöntem, bir kabın toz kütlesi ile doldurulması ve belirli sürede belirli sıcaklık ve bağıl nemde tutularak görsel ve kalitatif olarak değerlendirilmesi olarak belirtilmiştir (19).

Daha gelişmiş test metotları toz kütlelerinin zamanla sertleşmesi (time consolidation) denemelerini içerir. Toz kütlesi örneği tanımlanan depo şartlarında belirlenmiş süre ile tutulur ve oluşan kekin mekanik dayanımı ölçülür (19).

Bunların dışında kek yapısı karakterizasyonu için kesme testi (shear test) (21), tek eksenli kuvvet kaydırma testi (uniaxial force displacement tester) (41, 42), daldırma (penetrometer), üfürme testi (blow tester) (43) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) (13) gibi teknikler uygulanmıştır.

Partikül Yüzey Karakterizasyonu Test Teknikleri

Gıda tozları yüzey analizleri kesinliği yüksek ve ayrıntılı metotlar ile yapılabilmektedir. Günümüze kadar bazı teknikler uygulanmış olmasına karşın yapılan çalışmalar henüz sınırlıdır. Bu nedenle gıda endüstrisine yönelik gıda tozları yüzey karakterizasyonu tekniklerinin geliştirilmesi, üzerinde çalışılması gereken bir alan olarak ortaya çıkmaktadır (47).

Yüzey karakterizasyonu amaçlı günümüze kadar kullanılan analitik tekniklerin bazıları; X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) ve Energy Dispersive X-ray (EDX) (44, 45, 46), SEM (47; 48), Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy (AFM)) (47, 49, 51), Transmission Electron Microscopy (TEM) (52), Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM) (53), Laser Diffraction and Dynamic Image Analysis (54), Dynamic Vapor Sorption (DVS) (47), Surface Chemical Extraction (17, 47), Inverse Gas Chromatography (IGC) (55) ve kimyasal analizler için Elektron Spektroskopisi (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis; ESCA) (17) olarak sıralanabilir.

Adhezyon ve Kohezyon Ölçüm Metotları

Adhezyon ve kohezyon ölçümleri için tasarlanmış test metotlarından bazıları; (i) tek partiküller için: Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) (56); iğne teması (contact needle) (57), (ii) bir arada olan çoklu partiküller için: Ultrason (58), Darbe Adhezyon Testi (Impact Adhesion Tester) (30), düşme testi (drop test method) (59), santrifüj metodu (28), yüzeylere dik ya da paralel gaz akışı metodu (60) ve mikromanipülasyon (32) olarak verilebilir.

Çözünme (dissolution) Ölçümleri

Çözünme kalorimetresi (dissolution calorimetry) tozların çözünmesi esnasında oluşan termodinamik etkileri ölçme ve ayrıca çözünme kinetikleri ve mekanizmaları hakkında bilgi edinme imkânı sağlar. Kalorimetrik deneyde çıktılar ısılanma tepkileri, sıvı nüfuzu, çözünme ve oluşması muhtemel diğer işlemlerin bileşimidir (33). Çözünme işleminin kantitatif olarak ifade edilmesinde yararlanılan metotlardan bazıları, partikül büyüklük analizi, iletkenlik, spektrofotometrik analizler, reolojik analizler, refraktometrik analizler, ultrasonik yansıma, optik lif sensörleri, gravimetrik metotlar, NMR (33), akış hücresi (34) olarak sıralanabilir.

Yapışkanlık (stickiness) ve Yığılma

(agglomeration) Ölçümleri

Toz partiküllerinin yapışkanlık davranışlarını karakterize edebilmek için farklı test teknikleri ve enstrümanları geliştirilmiştir (22). Enstrümental ölçüm yaklaşımları genellikle gıda maddesinin özelliklerine göre dizayn edilmiştir. Bu özellikler kesmeye (shear) karşı direnç, vizkozite, optik

özellikler ve camsı geçiş sıcaklığı (T_g) olarak belirtilmiştir (21). Pervane döndürme, kesme hücresi, optik prob, üfürme, sıvılaştırma, termal sıkışma vb. gibi teknikler yapışkanlık ölçümlerinde kullanılabilir.

Diğer Toz Karakteristikleri Ölçüm Metotları

Gıda tozları kütle davranışları ve özellikleri, gıda maddesinin fiziksel, kimyasal özellikleri, partiküllerin geometrisi, boyutu ve yüzey karakteristikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterir (9). Kütle yoğunluğu, birim hacimdeki kabı dolduran toz maddesinin ağırlığı şeklinde tanımlanır. Gıda tozlarının depolanması (silo, tank vb.) ve bir yerden başka bir yere çeşitli araçlar ile taşınması işlemlerinde gerekli hacim hesabı için önemli bir parametredir. Partikül boyutu, nem içeriği, kimyasal bileşim, uygulanan üretim işlem türü ve miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterir (10). Sıkıştırılmış kütle yoğunluğu (tapped bulk density), miktarı bilinen toz kütlesinin bir kapta belli sayıda vuruş darbeleriyle sıkıştırılarak hacmindeki değişime göre hesaplanır (5).

Su emilimi izotermi (water sorption isotherm) belirli sıcaklıkta farklı relatif neme sahip ortamlara bırakılan gıda tozlarının su tutma ve bırakma kapasitesini gösterir. Tozların nem içeriği akışkanlık davranışlarını ve kek oluşturma özelliklerini etkiler (41). Differential Scanning Calorimeter (DSC) termogramları toz partiküllerinin yapısı hakkında fikir verir. Termogramdaki camcı geçiş ve kristalizasyon pikleri, tozun partiküllerinin amorf yapıda olduğunu belirtir (21). Partikül yoğunluğu, genellikle gaz değişimi (genellikle helyum veya azot) prensibine göre çalışan piknometreler ile ölçülebilmektedir (5). Gıda tozları partikül boyutu partikül boyut analiz cihazı (powder sizer), partikül şekli ise Tarayıcı Elektron Mikroskopu (SEM) kullanılarak analiz edilebilmektedir (8).

SONUÇ

Gıda endüstrisinde proses verimliliğini artırmak, son ürün kalitesini istenen düzeyde tutmak, ekonomik kazanım sağlamak ve yeni ürün geliştirmek için gıda tozları yapı ve davranışlarının uygun yöntemlerle karakterize edilerek anlaşılması ve kontrol edilmesi gereklidir. Katma değeri yüksek gıda tozlarının düşük maliyetlerde ve istenen özelliklerde (yüksek çözünme kabiliyeti gibi) üretilebilmesi bakımından partikül mühendisliği alanında yapılacak çalışmalar önemli bir role sahiptir. Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmalar henüz yeterli seviyede değildir. Özellikle nanoteknolojide kaydedilen gelişmeler, gıda tozlarının fonksiyonelliğinin artırılması ve yeni ürün geliştirilmesi konularına ışık tutacaktır. Bu

alandaki mevcut araştırmalar yetersizdir. Çoğu gıda üreticisi hammadde, ara ürün ya da son ürün olarak gıda maddelerini toz formunda işlemektedirler. Üretimde kullanılan çoğu işlemlerin (özellikle kurutma ve öğütme gibi) enerji gereksinimi yüksektir. Gıda tozları yapısının ve davranışlarının daha iyi anlaşılması, üretim esnasında ve on-line olarak izlenebilirliğinin artırılarak modellenmesi ile enerji verimliliğinde iyileştirmeler sağlanabilir. Ayrıca üretim aşamalarında toz halindeki gıda maddelerinin depolanması ve taşınmasında ortaya çıkan ve çoğu zaman çözümlenmesi yüksek maliyetlere neden olan sorunların (akmama, kek oluşumu vb) önceden yapılacak karakterizasyon, mühendislik ve dizayn çalışmaları ile ortadan kaldırılması mümkün olabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Marabi A, Mayora G, Burbidge A, Wallach R, Saguy IS. 2008. Assessing dissolution kinetics of powders by a single particle approach. *Chem. Eng. J.*, 139, 118-127.
2. Ghosal S, Indira TN, Bhattacharya S. 2010. Agglomeration of a model food powder: Effect of maltodextrin and gum Arabic dispersions on flow behavior and compacted mass. *J. Food Eng.*, 96, 222-228.
3. Fornly L, Marabi A, Palzer S. 2011. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. *Powder Technol.*, 206, 72-78.
4. Murrieta-Pazos I, Gaiani C, Galet L, Calvet R, Cuq B, Scher J. 2012. Food powders: Surface and form characterization revisited. *J. Food Eng.*, 112, 1-21.
5. Fitzpatrick JJ, Iqbal T, Delaney C, Twomey T, Keogh MK. 2004. Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat contents. *J. Food Eng.*, 64(4), 435-444.
6. Cuq B, Rondet E, Abecassis J. 2011. Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. *Powder Technol.*, 208, 244-251.
7. Fadeyibi A, Osunde ZD, Agidi G, Evans EC. 2014. Flow and strength properties of cassava and yam starch-glycerol composites essential in the design of handling equipment for granular solids. *J. Food Eng.*, 129:38-46.
8. Salleh FSM, Yusof YA, Anuar MS, Chin NL. 2014. Flow Properties Of Ficus Deltoidea Extract Powder And The Binders, Acdisol And Avicel. *J. Food Process Eng.*, 37:63-74.
9. Dhanalakshmi K, Ghosal S, Bhattacharya S. 2011. Agglomeration of Food Powder and Applications. *Crc Cr Rev Food Sci*, 51:432-441.

10. Ganesana V, Rosentraterb KA, Muthukumarappana K. 2008. Flowability and handling characteristics of bulk solids and powders – a review with implications for DDGS. *Biosyst Eng.*, 101, 425-435.
11. Fitzpatrick JJ, Barrya K, Cerqueiraa PSM, Iqbalaa T, O’Neillaa J, Roos YH. 2007. Effect of composition and storage conditions on the flowability of dairy powders. *Int Dairy J.*, 17, 383-392.
12. Benkovic M, Srecec S, Spoljaric I, Mrsic G, Bauman I. 2013. Flow properties of commonly used food powders and their mixtures. *Food Bioprocess Tech*, 6(9):2525-253.
13. Stoklosa A, Rebecca M, Lipasek A, Taylor LS, Mauer LJ. 2012. Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flowability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. *Food Res Int.*, 49:783-791.
14. Opalinski I, Chutkowski M, Stasiak M. 2012. Characterizing moist food-powder flowability using a Jenike shear-tester. *J. Food Eng*, 108:51-58.
15. Crowley SV, Gazi I, Kelly AL, Huppertz T, O’Mahony JA. 2014. Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders. *J. Food Eng*, 135:31-38.
16. Koç M, Koç B, Güngör Ö, Ertekin FK. 2012. The Effects of Moisture on Physical Properties of Spray-Dried Egg Powder. *Drying Technol*, 30: 567-573.
17. Kim EHJ, Chen XD, Pearce D. 2009. Surface composition of industrial spraydried milk powders. 1. Development of surface composition during manufacture. *J. Food Eng*, 94 (2), 163-168.
18. Palzer S. 2005. The effect of glass transition on the desired and undesired agglomeration of amorphous food powders. *Chem. Eng. Sci.*, 60: 3959-3968.
19. Hartmann M ve Palzer S. 2011. Caking of amorphous powders — Material aspects, modelling and applications. *Powder Technol.*, 206, 112-121.
20. Feeney J, Fitzpatrick JJ. 2011. Visualization of the Caking Behavior Between Two Powder Particles. *Part. Sci. Technol.*, 29: 397-406.
21. Descamps N, Palzer S, Roos YH, Fitzpatrick JJ. 2013. Glass transition and flowability/caking behaviour of maltodextrin DE 21. *J. Food Eng*, 119, 809-813.
22. Foster KD, Bronlund JE, Paterson AHJ. 2006. Glass transition related cohesion of amorphous sugar powders. *J. Food Eng*, 77:997-1006.
23. Dopfer D, Palzer S, Heinrich S, Fries L, Antonyuk S, Haider C, Salman AD. 2013. Adhesion mechanisms between water soluble particles. *Powder Technol*, 238,35-49.
24. Domian E, Sulek A, Cenker J, Kerschke A. 2014. Influence of agglomeration on physical characteristics and oxidative stability of spray-dried oil powder with milk protein and trehalose wall material. *J. Food Eng*, 125:34-43.
25. Juliano P, Muhunthan B, Barbosa-Canovas GV. 2006. Flow and shear descriptors of preconsolidated food powders. *J. Food Eng*, 72 157-166.
26. Jallo LJ, Chen Y, Bowen J, Etlzer F, Dave R. 2011. Prediction of Inter-particle Adhesion Force from Surface Energy and Surface Roughness. *J. Adhes. Sci. Technol.*, 25:367-384.
27. Haider CI, Althaus T, Niederreiter G, Hounslow MJ, Palzer S, Salman AD. 2012. A micromanipulation particle tester for agglomeration contact mechanism studies in a controlled environment. *Meas. Sci. Technol*. 23:105904.
28. Salazar-Banda GR, Felicetti MA, Gonçalves JAS, Coury JR, Aguiar ML. 2007. Determination of the adhesion force between particles and a flat surface, using the centrifuge technique. *Powder Technol.*, 173 : 107-117.
29. Halim F, Barringer SA. 2007. Electrostatic adhesion in food. *J Electrostat*, 65 168-173.
30. Ermis E, Farnish RJ, Berry RJ, Bradley MSA. 2011. Centrifugal tester versus a novel design to measure particle adhesion strength and investigation of effect of physical characteristics (size, shape, density) of food particles on food surfaces. *J. Food Eng*, 104, 518-524
31. Ermis E, Farnish RJ, Berry RJ, Bradley MSA. 2009. Direct Measurement of Powder Flavor Adhesion onto Crisp Surface Using a Novel Adhesion Tester. *Part. Sci. Technol.*, 27: 362-372.
32. Liu W, Christian GK, Zhang Z, Fryer PJ. 2006. Direct measurement of the force required to disrupt and remove fouling deposits of whey protein concentrate. *Int Dairy J.*, 16, 64-172.
33. Marabi A, Raemy A, Bauwens I, Burbidge A, Wallach R, Saguy IS. 2008. Effect of fat content on the dissolution enthalpy and kinetics of a model food powder. *J. Food Eng*, 85, 518-527
34. Börjesson E, Innings F, Tragardh C, Bergenstahl B, Paulsson M. 2013. The dissolution behavior of individual powder particles. *Dairy Sci Technol*, 93(4-5) 357-371.
35. Szulc K, Lenart A. 2010. Effect of Agglomeration on Flowability of Baby Food Powders. *J. Food Sci.*, 75(5), E276–E284.
36. Juliano P, Barbosa-Cánovas GV. 2010. Food Powders Flowability Characterization: Theory, Methods, and Applications. *Annu Rev Food Sci Technol.*, 1: 211-239.

37. Saw HY, Davies CE, Jones JR, Paterson AHJ. 2012. Shear testing of lactose powders: The influence of consolidation stress and particle size on bulk density and estimated cohesion. *Adv Powder Technol*, 25: 1164-1170.
38. Kamath S, Puri VM, Manbeck HB, Hogg R. 1993. Flow properties of powders using four testers - measurement, comparison and assessment. *Powder Technol.*, 76 (3): 277-289.
39. Freeman RE, Cooke JR, Schneider LCR. 2008. Measuring shear properties and normal stresses generated within a rotational shear cell for consolidated and nonconsolidated powders. In: *Powder Technology* p. 5.
40. Çağlı AS, Deveci BN, Okutan CH, Sirkeci DAA, Teoman EY. 2007. Flow property measurement using the Jenike shear cell for 7 different bulk solids. *Proceedings of European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6)*, Copenhagen.
41. Fitzpatrick JJ, O'Callaghan E, O'Flynn J. 2008. Application of a novel cake strength tester for investigating caking of skim milk powder. *Food Bioprod Process*, 86: 198-203.
42. Hanley K, Descamps N, O'Meara K, Jones C, Walsh D, Fitzpatrick JJ. 2010. Influence of humidity cycling on the caking behavior of three food powders. *Sixth World Congress on Particle Technology*, Nuremberg, Germany.
43. Paterson AHJ, Brooks GF, Bronlund JE, Foster KD. 2005. Development of stickiness in amorphous lactose at constant T-Tg levels. *Int Dairy J.*, 15(5), 513-519.
44. Jayasundera M, Adhikari BP, Adhikari R, Aldred P. 2010. The effect of food-grade low-molecular-weight surfactants and sodium caseinate on spray drying of sugar-rich foods. *Food Biophys.*, 5 (2), 128-137.
45. Saad M, Gaiani C, Mullet M, Scher J, Cuq B. 2011. X-ray photoelectron spectroscopy for wheat powders: measurement of surface chemical composition. *J. Agric. Food Chem.*, 59 (5), 1527-1540.
46. Stevens JS, Schroeder SLM. 2009. Quantitative analysis of saccharides by X-ray photoelectron spectroscopy. *Surf. Interface Anal.*, 41 (6), 453-462.
47. Murrieta-Pazos I, Gaiani C, Galet L, Cuq B, Desobry S, Scher J. 2011. Comparative study of particle structure evolution during water sorption: skim and whole milk powders. *Colloids Surf.*, B, 87 (1), 1-10.
48. Fyfe KN, Kravchuk O, Le T, Deeth HC, Nguyen AV, Bhandari B. 2011. Storage induced changes to high protein powders: influence on surface properties and solubility. *J. Sci. Food Agric.*, 91 (14), 2566-2575.
49. Funami T. 2010. Atomic force microscopy imaging of food polysaccharides. *Food Sci Technol Res.*, 16 (1), 1-12.
50. Olivares ML, Passeggi MCG, Ferron J, Zorrilla SE, Rubiolo AC. 2010. Study of milk/kappa-carrageenan mixtures by atomic force microscopy. *Food Hydrocolloids*, 24 (8), 776-782.
51. Gunning AP, Kirby AR, Parker ML, Cross KL, Morris J. 2010. Utilizing atomic force microscopy in food research. *Food Technol.*, 64 (12), 32-37.
52. Vignolles ML, Lopez C, Ehrhardt JJ, Lambert J, Mejean S, Jeantet R, Schuck P. 2009. Methods' combination to investigate the suprastructure, composition and properties of fat in fat-filled dairy powders. *J. Food Eng*, 94 (2), 154-162.
53. Paramita V, Iida K, Yoshii H, Furuta T. 2010. Effect of feed liquid temperature on the structural morphologies of d-limonene microencapsulated powder and its preservation. *J. Food Sci.*, 75 (1), E39-E45.
54. Gaiani C, Boyanova P, Hussain R, Murrieta Pazos I, Karam MC, Burgain J, Scher J. 2011. Morphological descriptors and colour as a tool to better understand rehydration properties of dairy powders. *Int Dairy J.*, 21 (7), 462-469.
55. Jones MD, Young P, Train D. 2012. The use of inverse gas chromatography for the study of lactose and pharmaceutical materials used in dry powder inhalers. *Adv Drug Deliver Rev*, 64(3): 285-293.
56. Goode KR, Bowen J, Akhtar N, Robbins PT, Fryer PJ. 2013. The effect of temperature on adhesion forces between surfaces and model foods containing whey protein and sugar. *J. Food Eng*, 118(4): 371-379.
57. Shimada Y, Yonezawa Y, Sunada H. 2003. Measurement and evaluation of the adhesive force between particles by the direct separation method. *J Pharm Sci*, 92 (3): 560-568.
58. Awad BS. 2011. High-Power Ultrasound in Surface Cleaning and Decontamination. *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing Food Engineering Series*, 545-558.
59. Zafar U, Hare C, Hassanpour A, Ghadiri M. 2014. Drop test: A new method to measure the particle adhesion force. *Powder Technol*, 264: 236-241.
60. Enggalhardjo M, Narsimhan G. 2005. Adhesion of Dry Seasoning Particles onto Tortilla Chip. *J Food Sci*, (70 (3) E215-E222.

GIDALARDA İZLENEBİLİRLİK

Sena Özbay-Doğu^{1*}, U. Tansel Şireli²

¹Aksaray Üniversitesi, Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, ASÜÇEM, Aksaray

²Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara

Geliş tarihi / *Received*: 13.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 10.02.2015

Kabul tarihi / *Accepted*: 12.04.2015

Özet

Yaşanan gıda kaynaklı sorunlarla birlikte sıklıkla gündeme gelen ve teknoloji ile hızla gelişen izlenebilirlik kavramı, gıda kalitesi ve güvenliğinin bir anahtarı konumundadır. Ayrıca izlenebilirlik ile tarladan çatala, gıda zinciri boyunca yer alan tüm paydaşlar olumlu sonuçlar elde etmektedir. Üretici, ürünü ile ilgili detaylı bilgi almakta, muhtemel problemlerde hızlı müdahalede bulunabilmekte, ileri ve geriye doğru ürünün tüm bilgilerine erişebilmekte, tüketici ise tükettiği ürün ile ilgili tüm bilgilere bir arada ve hızla ulaşabilmektedir. Diğer paydaşlar olan dağıtıcı ve perakendeciler ise, etkin stok ve tedarik zinciri yönetimi gerçekleştirebilmektedirler. Dolaylı olarak kamu sektörü ve halk sağlığı da bu süreçten olumlu etkilenmektedir. Bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim, gıda izlenebilirlik sistemlerini de etkilemekte, basit, hızlı ve kapsamlı tekniklerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Derlememizde, izlenebilirlik kavramı ile araçları incelenmiş ve bu konuyla ilgili literatür bilgisi verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: İzlenebilirlik, gıda izlenebilirliği, gıda güvenliği, izlenebilirlik sistemleri

TRACEABILITY OF FOOD

Abstract

The concept of traceability, which often came to the fore with foodborne problems and evolving with technology, is a key of food quality and safety. Also positive results are achieved by traceability from farm to fork. Manufacturer, get detailed information about the product, can found the potential problems rapidly and can access all the information of the product. Also consumers reach together and rapidly all the information of consumed products. Distribution and retailers who other stakeholders are able to performed efficient inventory and supply chain management. Indirectly, the public sector and public health are positively affected through this process. Food traceability systems are affected from rapid development in information technology, consequently the quantity of simple, fast and comprehensive techniques are increasing every day. In this paper, the concept and tools of traceability are analyzed. Moreover are given detailed information about this issue.

Keywords: Traceability, food traceability, food safety, traceability systems

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ sena_ozbay@hotmail.com,

☎ (+90) 0382 288 2753,

☎ (+90) 0382 288 2298

GİRİŞ

İzlenebilirlik, gıda ürünlerinin üretimleri açısından vazgeçilmez bir kalite kontrol aracı olarak kabul edilmekte, izlenebilirlikle, gıda üretimi sürecindeki tüm aşamalar, kişiler, süreçler ve ürüne eklenen tüm içerikler takip altına alınabilmektedir. İzlenebilirliği sağlanmamış bir gıda ürününün güvenliğinden söz etmek imkânsız olmakta, bu bağlamda izlenebilirlik sistemleri her geçen gün önemini artırmaktadır. Küresel ekonominin gelişmesi ve ürünlerin üretildikleri yerlerden çok daha farklı bölgelerde tüketilmesi gerçeği, ürünün her aşamasının daha kontrollü takip edilmesini gerektirmektedir. Bu zorunluluklarla birlikte gıda izlenebilirliği ile ilgili bilimsel çalışmalar ve teknolojik gelişmeler de hız kazanmaktadır. Gelişen teknolojinin de yardımıyla, çok farklı bilgisayar tabanlı yazılımlar, disiplinlerarası yaklaşımlar ve teknolojik cihazlar izlenebilirliğin yeni ilgi alanları haline almaktadır.

Gıda Endüstrisinde İzlenebilirlik

Gıda İzlenebilirliği Kavramı

Codex Alimentarius'a göre izlenebilirlik, gıdanın hareketini, üretim, işleme ve taşımanın aşamaları boyunca izleyebilmek olarak tanımlanmaktadır (1). Farklı bir tanımlamayla izlenebilirlik, üretim, işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında yem ya da gıdaya bulaşma riski olan ya da bulaşmış içeriğin takip edilebilmesidir şeklinde tanımlanmaktadır (2). Ülkemizde ise izlenebilirlik 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu çerçevesinde zorunlu hale getirilmiş ve üretim işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında gıda ve yemin ve bunlara ilave edilecek her türlü maddenin ve gıdanın elde edildiği hayvanın takibi için gıda ve yem işletmecilerinin izlenebilirlik sistemlerini kurma ve gerekli hallerde Bakanlığa, talep edilen bilgileri sunma zorunlulukları bulunmaktadır (3).

İzlenebilirliğin temel amacı, ileri ve geriye dönük olarak ürünün tarladan çatala tüm tedarik zincirindeki hikâyesine ulaşabilmek (4), farklı ürünlere ait lokasyon (bölge) bilgisini ve ürün hikâyesini elde edebilmektir (5). Bu amaçlar doğrultusunda geliştirilebilecek alt amaçlar ise; gıda güvenliğini artırmak, potansiyel kontaminasyon kaynaklarını tanımlamak, ürün geri çağırma prosedürünü kolaylaştırmak, ürünün tüketiminden kaynaklanan halk sağlığı risklerini kontrol etmek şeklinde sıralanabilmektedir (6). Bu yüzden gıda izleme sistemleri hem tüketiciden hem de üreticiden etkilenmektedir.

İzlenebilirlik yönetimi ise, çiftçiden tüketiciye tüm gıda zinciri boyunca, bilginin, toplanması,

depolanması, işlenmesi ve iletilmesini sağlamaktadır (7). İzlenebilirlik, tehlikeleri ve riskleri azaltmak için önemli bir araç olarak da görülmektedir (8). İki tip gıda izlenebilirliği bulunmaktadır. Bunlar;

Lojistik İzlenebilirlik; bu izlenebilirlik, ürünlerin sadece fiziksel hareketini içermektedir.

Nitel İzlenebilirlik; ürün kalitesi ve tüketici güvenliği ile ilgili bilgileri (hasat öncesi ve sonrası, depolama, dağıtım vb.) içermektedir (9).

Farklı bir çalışmada ise, altı farklı izlenebilirlikten bahsedilmektedir. Bunlar;

Ürün İzlenebilirliği; bir ürünün tedarik zincirindeki fiziksel konumunu saptama işlemidir ve lojistik, geri toplama ve tüm taraflara bilgi sağlamayı kolaylaştırma amacındadır.

Süreç İzlenebilirliği; nerede, ne zaman, ne oldu/yapıldı gibi sorulara cevap arayan bir izlenebilirlik biçimidir. Ürünün, üretim, depolama, işleme vb. aşamalarında geçirmiş olduğu uygulama ve işlemlerin türü ve zamanını belirleme amacındadır.

Genetik İzlenebilirlik; bir ürünün genetik yapısını saptama amacındadır.

Girdi İzlenebilirliği; üretimde kullanılan tohum, gübre, kimyasal ilaçlar, hayvan, hayvan yemi, katkı maddeleri vb. her türlü girdinin özelliklerinin ve bilgilerinin sağlanması amacındadır.

Hastalık ve Kalıntı İzlenebilirliği; tarımsal hammaddeden elde edilen ürünleri, gıdayı kontamine edebilen patojenler, bakteriler ve virüsler gibi biyolojik riskleri ve kalıntıların epidemiyolojisini takip etme amacındadır.

Ölçü İzlenebilirliği; ölçü ve test elemanlarının kalibrasyonu ve uygunluğunu izleme amacındadır (4).

Kısacası izlenebilirlikle, gıda zincirinde, kullanılan tüm maddeler ve ingrediyenler, üretim süreci, personel ve nihai ürün takip edilmektedir (6).

Meyve ve sebzelerin izlenebilirliği (10-12), geleneksel gıdaların izlenebilirliği (13), hazır yemek sektöründe izlenebilirlik (14), tahıl tedarik zincirinin (15) ve yağ üretiminin izlenebilirliği (16), helal et (17) ve süt endüstrisinde (18) izlenebilirlik, GMO (Genetically Modified Organisms) izlenebilirliği (19) deniz ürünlerinin izlenebilirliği (20, 21) izlenebilirlik ve marka imajı (22) gibi birçok farklı alanda izlenebilirliğe yönelik uygulamalar yapılmakta olup, önemi her geçen gün artan izlenebilirliğin, gelecek için önemli bir çalışma alanı olacağı düşünülebilmektedir.

Gıda İzlenebilirliğinin Avantajları

Gıda izlenebilirlik sitemlerinin farklı paydaşlara, farklı boyutlarda fayda sağladığı bilinmektedir.

Yöneticiler, tüketiciler, tedarikçiler ya da üreticiler fayda sağlayan paydaşları oluşturmaktadır. İzlenebilirlik sistemleri, bu paydaşlara, yönetsel, ekonomik ve kalite kontrolü avantajları sağlamaktadır.

İzlenebilirliğin en temel faydası, gıda ürününün gıda zinciri boyunca nerede olduğu ve ne yöne doğru gittiği bilgisini sağlayarak, kalite sorunları ve problemlerin oluşmasından kaçmak için erken uyarı sistemi ve gerek duyulduğunda ürünü etkin şekilde geri çağırmaı gerçekleştirilmesidir (23). Ayrıca bir kalite yönetimi (24), bilgi, lojistik ve ürün yönetimi (25) aracı olarak da kabul edilmektedir. Yapılan bir çalışmada, izlenebilirliğin temel faydaları, direkt faydalar olarak isimlendirilmiş ve bu faydalar tedarik zinciri optimizasyonu, ürün kalitesi ve pazar avantajı (pazarlamada rekabet avantajı) olarak üç maddede açıklanmıştır (26).

Tedarik zincirinde izlenebilirlik üzerine yapılan bir çalışmada ise, izlenebilirlik sisteminden umulan faydalar, ürün ve üretim süreçlerinde etkin ve doğru risk yönetimi, hammaddeyi optimal kullanma, yüksek stok seviyesini düşürme ve üretim planlamayı optimize etme, ürünün yaşam döngüsünü uzatma ve harcamaları minimize etme, izlenebilirlik verisini otomatik olarak yenileme, etkin bir geri çağırma yönetimi sağlama şeklinde sıralanmaktadır (27). Bu faydalara ek olarak, gıda güvenliği ve kaynağı hakkında tüketiciye garanti verme, enfeksiyon kaynağının tanımlanması, hastalıkların kontrolü ve kalıntıların izlenmesi, standart altı ürünlerin tanımlanması (28) ve sebep sonuç ilişkisini belirleme, kalite yönetiminde geri çağırma verisini kolaylaştırma (29), işletme şeffaflığını artırma, daha etkin lojistik yönetimi sağlama, canlı hayvan hastalık bulaşanlarının etkin kontrolünü, bulaşıcı hayvan hastalıklarının kontrol ve eliminasyonun sağlanması (30), gıda ürününün değerinin artması, gıdanın katma değer kazanarak, kar payının yükselmesi (31), gıda kaynaklı hastalıkların azaltılmasıyla, gıda güvenliği ve halk sağlığının korunmasına yardımcı olması, yeni tehlikelerin daha hızlı tespiti (32) gibi faydaları sıralamak da mümkün olmaktadır.

İzlenebilirlik Sistemleri

İzlenebilirlik sistemleri, son yıllarda gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanmasında işletmeler ve denetleyiciler için kilit bir noktada yer almaktadır. Uygulamadaki örneklerin yanı sıra bilimsel literatürde de izlenebilirlik ile ilgili farklı fikirler, yeni uygulamalar ve disiplinlerarası yaklaşımlar bulunmaktadır. Bilgisayar tabanlı gıda zinciri izleme sistemleri modellemeleri (33) gıda ambalajlamasında

geliştirilen yeni yöntemler (akıllı ambalajlama, nanokompozit uygulamaları vb.) (34), gıda izlemede kullanılan kablosuz sensörler (35), moleküler markerlar (36), RFID (Radio Frequency Identification) tabanlı izleme sistemleri (37, 38), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) sistemi ile entegre kullanılan FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) yöntemi (39) gibi pek çok farklı yeni yöntem bulunmaktadır. Aynı zamanda izlenebilirlikte coğrafi orijini tespit etmeye yönelik spektroskopik yöntemler (40, 41) isotop ve mineral madde temelinde yapılan çalışmalar (11) en yeni yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

İzlenebilirlik Sistemi Kurulumu

Günümüzde izlenebilirlik, kağıt bazlı basit kayıt sistemlerinden, bilgisayar tabanlı bilgi teknolojilerine ve karmaşık biyolojik sistemlere kadar çok çeşitlilik göstermektedir (42) İzlenebilirlik, gıda güvenliği yönetiminde etkili bir yol olarak kabul edilmekte ve (16) iyi geliştirilmiş entegre bir izlenebilirlik sisteminin, kalite yönetimi için bir ihtiyaç olduğu bilinmektedir (43). İşletmelerin izlenebilirlik sistemlerini oluşturmalarında etkili olan motivasyonlar; ürünün, firmanın, endüstrinin ya da şehrin ününü kazanmak ve korumak, izlenebilirliği sağlayan tedarikçilerle farklılaşan ürünler sağlamak, ürün orijinini garantilemek, tedarik yönetimini geliştirmek, ürün ya da süreç metotlarını izlemek, gıda güvenliği ya da kalite problemlerinde ürün geri çağırma etkinliğini arttırmak şeklinde sıralanmaktadır (8).

Bu kazanımlar, işletmelere, maliyet avantajı ve yönetsel etkinlik işlevi, paydaşlarla daha iyi iletişime geçme ve rekabette de avantaj sağlamaktadır. Etkin bir izlenebilirlik sistemi, farklı teknikler ile birlikte entegre bir sistemdir ve bu sistemin tedarik zincirinin her aşamasında verilerin toplanması ve transfer edilebilmesi için bazı kuralları takip etmesi gerekmektedir (9). Etkin izlenebilirlik, gıda üretim ve dağıtımının her basamağında kaydedilen bilginin standardizasyonunu da gerektirmektedir (44). Etkin bir gıda izleme sistemi, üretimden satışa işlemlerin standardizasyonu, üretimden satışa toplam kalite yönetimi, tedarik zincirine dahil olan her olay ve durum için detaylı kayıt tutma, ileri ve geri olmak üzere iki yönlü kayıt yapabilme (45), tüm ürünlerin yaşam döngüsü bilgilerini muhafaza etme (46) gereksinimlerini karşılamalıdır.

Genel olarak izlenebilirlik sistemi kurulumunda en önemli elementler, benzersiz bir tanımlama (ürün ya da ürün grubu için), ürün transferi, bilgi toplama ve geri çağırma prosedürleri (9, 44, 47,

48) şeklinde sıralanmaktadır. Ürünlerin eşsiz bir sistemle tanımlanması, izlenebilirlik sisteminin temelini oluşturmaktadır. Her bir ürüne ait adeta bir kimlik kartı işlevi gören bu tanımlama metodu (barkod, etiket vb.) tek bir ürüne ait olduğu için sadece o ürün ile ilgili verinin sistemde saklanmasını sağlamaktadır. Ülkemizde de 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu gereği, piyasaya sunulacak gıda ya da yem, uygun şekilde etiketlenerek veya Bakanlıkça belirlenecek bilgi ve belgelerle uygun şekilde tanımlanarak izlenebilirliği sağlanmaktadır (3).

İzlenebilirlik sisteminin dizaynı, tedarik zinciri sürecindeki ilişkilerden de etkilenmektedir. Partnerlerin göreceli gücü, uzaklık–yoğunluk, sağlanan bilgiye tüketicinin verdiği değer gibi faktörler, izlenebilirlik sisteminin maliyeti ve faydaları açısından önem arz etmektedir (32). Ayrıca, izlenebilirlik alanında genişleme, işlem sayısı ve derinliğinde artış, doğruluğun artması, koruma aktiviteleri tanımlama ya da yeni ürün segmentlerinde, yeni prosedürlerin sayısında ve izlenebilirliğin teknolojik zorluklarında artış gibi faktörlerde izlenebilirlik maliyetinin yükselmesine sebep olmaktadır (31). Bu faktörlere ek olarak, izlenebilirlik sistemine dönüşüm, otomasyon ve daha fazla veri depolamanın da maliyet artışına sebep olacağı düşünülmektedir (30).

İzlenebilirlik sistemi kurulurken takip edilmesi gereken yol haritası aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

1. Tarladan fabrikaya ürün akış çizelgelerinin oluşturulması,
 2. Ürün kalitesinden sorumlu olan personelin isimlerinin belirlenmesi,
 3. HACCP prensipleri kullanılarak tedarik zincirinin tehlike analizinin yapılması,
 4. Ürün izlenebilirliğinin benimsenmesi için sebeplerin dokümanite edilmesi,
 5. Tedarik zincirinin her aşamasında geriye izleme ve kayıtların oluşturulması,
 6. Verilerin toplanması ve kaydedilmesi için sorumlu personelin belirlenmesi,
 7. Ürünün tanımlanmasını kolaylaştırmak için eşsiz bir etiketleme ya da barkod sistemi geliştirilmesi,
 8. Geriye doğru izlemenin nasıl yapılacağına dair dokümantasyonun yapılması,
 9. İzlenebilirlik sisteminin test edilmesi, doğrulanması ve onaylanması,
 10. Tüm sonuç ve eylemlerin dokümanite edilmesi (49).
- İşletmelerin teknolojik alt yapısı, ürün çeşitleri ve sayısı, işletme büyüklüğü, personel sayısı gibi

işletme bazı faktörler de kurulacak izlenebilirlik sisteminin çeşidini, kurulma şeklini ve maliyetini büyük oranda etkilemektedir.

İzlenebilirlik sisteminin kurulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması da önem arz etmektedir. İzlenebilirlik sistemlerine katılımın teşvik edilmesi ve sürekliliği için; perakendecilerin izlenebilirlik sistemine dâhil edilmesi, ürün ambalajlarına izlenebilirlik işaretlerinin basılması, izlenebilirlik için tüketici farkındalığının yaratılması, kamunun ilk kurulum ve geliştirme maliyetlerini üstlenmesi (50) gibi önlemlerin alınması gerekmektedir.

İzlenebilirlik Sistemi Uygulama Araçları ve Yöntemleri

Alfanumerik Kodlar

Bu tip kodlar, etiket üzerinde yer alan çeşitli boyutlardaki harf ve numaraların dizilimi şeklindedir (26). Sistem çok basit ve ekonomiktir, ancak kodları yazmak ve okumak için belirgin bir insan kaynağı gerektirmesi dezavantajı olarak görülmektedir (51). Ayrıca taşıma esnasında fiziksel zarara uğraması ve solması da kullanımını kısıtlayan faktörlerdendir (52).

Barkod

Barkodlar, ürün veya malzeme tanıma amaçlı olarak kullanılan veri taşıyıcıların en ucuz ve en popüler olanlarıdır (53). Barkod sisteminin temel prensibini tedarik zinciri boyunca hizmet veya ürünü tanımlamak için kullanılan benzersiz numara şeması oluşturmaktadır. Barkodlar günümüzde en yaygın kullanılan izleme teknikleridir ve genelde üretici ve ürün tipini yansıtan seri numaralarından oluşmaktadır (51). Barkod kullanımında barkodları yazmak için yazıcı ve okuyucu ya da tarayıcı olmak üzere iki temel ekipman gerekmektedir (52).

Günümüzde GS1 olarak bilinen barkod sistemi, dünyada en çok kullanılan barkod sistemi olarak bilinmektedir. Barkodların, lineer kodlar, stacked kodlar ve 2D kodlar gibi çeşitleri bulunmaktadır. Lineer barkodlar, en basit barkod tipleridir ve bu yüzden sıklıkla kullanılmaktadırlar. Stacked barkodlar ise 2-8 arası sıra içermektedir her bir sıra ayırıcı çubuklarla ayrılmaktadır. Data matrix ise, GS1 ile oluşturulur ve sembollerle kare ya da dikdörtgen şeklinde olabilmektedir (51).

RFID (Radio Frequency Identification)

Gıda izlenebilirliğinde yaygın olarak kullanılan araçlardan biri RFID (Radio Frequency Identification) teknolojisidir. RFID, etiketler, okuyucular, yazılımlar ve uygulama sisteminin kombini olan bir bütündür (45). En basit RFID sisteminde kablosuz

mikroçipler ve etikette anten bulunmaktadır. Bu etiketin okunması için barkod gibi fiziksel temasa gerek duyulmamaktadır (54).

RFID etiketleri dayanıklı olmalarının yanı sıra kirli ve soğuk koşullarda da kullanılabilir. Ayrıca elle tarama işlemi yapılmadığı için işçi maliyetini de düşürebilmektedir (55). RFID teknolojisi, ürün akış yönetimi, kategorize etme ve tanımlama yeteneğinden dolayı tedarik zinciri yönetimi ve izlenebilirlikte kullanılmaktadır (56).

RFID etiketlerinin aktif ve pasif olmak üzere iki tipi mevcuttur. Aktif RFID etiketlerinin maliyeti yüksek olabilmektedir (57).

EDI (Elektronik Data Interchange)

EDI (Elektronik Data Interchange) elektronik medya aracılığıyla verilerin takasını yapan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemle giren ve çıkan stoklar, otomatik olarak izlenebildiği için lojistik yönetimine de katkı sağlamaktadır. Ayrıca elektronik araçların kullanılmasıyla sistem hızlı ve etkili bir hale gelmektedir (51)

Biyotracing (Biyozlenebilirlik) – FMECA (Failure Mode Effect and Critically Analysis)

Biyotracing, kalite kontrol ve tehlike analizlerini içeren gıda güvenliği ve gıda güvenliği yönetimi elemanları ile yakından ilişkilendirilmektedir (58). Ancak biotracing, risk değerlendirmesi ya da HACCP sistemi ile aynı sistem değildir, ama bu sistemlerden gelen artıları izlenebilirlik sistemine dâhil etmektedir. HACCP sistemi kritik kontrol noktalarına odaklanırken, biotracing, tarladan çatala tüm gıda zinciri ile bağlantı kurmaktadır (59).

Biyotracing, kısaca, gıda zinciri içindeki mikrobiyal kontaminasyon kaynaklarını tanımlayan, (60), potansiyel gıda güvenliği problemlerinin orijini belirleyen (58) bir disiplin olarak ifade edilmektedir. Gıda kaynaklı salgınlar, HACCP, risk değerlendirmesi, eğitim gibi konular, biyotracingin uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır (60).

FMECA (Failure Mode Effect and Critically Analysis) ise potansiyel kritik kontrol noktalarını tespit etmek için kullanılan bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (16). FMECA metodu ile potansiyel hatalar ve potansiyel anomaliler izleme sistemi içerisinde tanımlanabilmektedir. FMECA, ürün hikâyesi boyunca oluşan kayıpların temel sebeplerinin tanımlanması ve risk değerlendirilmesi (39) adımları takip edilerek gerçekleştirilmektedir.

Nanosensörler (Elektronik dil)

Nanosensörler, gıda zinciri boyunca kontaminantları, toksin ve mikroorganizmaları izleyerek kaliteyi elde etmekte, aynı zamanda dokümantasyon ve otomatik kontrol sistemi ile de bilgileri sağlamaktadır

(61). Gıda patojenleri ile temas ettiğinde farklı renkte floresans veren nanoparçacıkları taşıyan nanosensörlerle, gıda bozulmalarının tespit edilebildiği de belirtilmektedir (62). Ayrıca elektronik dil, gıda bozulmaları ve gazlara karşı hassastır ve sensörün rengine göre gıdanın tazeliği hakkında fikir sahibi olunabilmektedir (61).

Diğer Araçlar

Zaman - sıcaklık indikatörleri, gaz sensörleri, biyosensörler, sensör ağları ve yenilebilir barkodlar, gıda izlenebilirliğinde kullanılan diğer araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Zaman sıcaklık indikatörleri, tüm gıda zinciri boyunca oluşan sıcaklık değişimlerini, mekanik, kimyasal, enzimatik, elektrokimyasal ya da mikrobiyolojik değişimlere bağlı olarak geri dönüşsüz bir şekilde renk değişimi ile görsel olarak bildiren küçük ölçüm cihazlarıdır.

Gaz sensörleri (kaçak indikatörleri) ise, ortamın gaz içeriğini gösteren, kalite güvenliğinin sürdürülmesini sağlayan araçlardır ve genelde oksijen ve karbondioksit indikatörleri kullanılmaktadır (53). Sensör teknolojisi genelde 'elektronik burun' olarak tanımlanmaktadır. Uçucu içeriklerin seçici absorpsiyonu ve desorpsiyonunun gaz sensörleri ile tespit edilmesi temeliyle kullanılmaktadır (55)

Genel olarak biyosensörler ise, bir biyoreseptör ve enerjiyi dönüştüren bir cihazdan (transducer) oluşmaktadır (57). Gelecekte biyosensörlerin, muhtemel mikotoksin, bakteriyosid, allerjen ya da mikrobiyal kontaminasyonun tespitinde en sık kullanılan yöntem olacağı tahmin edilmektedir (55).

Kablosuz sensörler de alternatif izlenebilirlik araçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Gıda endüstrisinde kablosuz sensörler ile ilgili yapılan farklı bir çalışmada ise bu sensörlerin; çevre izleme (çevre, hava vb.), tarımsal izleme (sulama, çiftçiye bilgi sağlama vb.), makine ve süreç izleme (cihaz rehberi, makine yönetimi, robotik kontrol, proses kontrol vb.), işletme otomasyonu izleme (sera gazı kontrolü, hayvan besleme vb.), izlenebilirlik sistemi (hayvan sağlığı, paketleme, taşıma, denetim vb.) gibi (63) işlevlerinin olduğu belirtilmektedir.

Yenilebilir barkodlar, gıda izlenebilirliği teknolojisinde yeni bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu barkodlar direkt gıdanın içine koyularak daha güvenli ve ucuz takip sistemi sağlamaktadırlar. Ancak bu markerların, gıdanın tekstürü ve ağırlığı üzerine fark edilebilir etkileri olmamalıdır (55).

Genel olarak gıda işletmelerinin stratejilerinde, endüstriyel ve rekabetçi çevrelerinde izlenebilirliğin öneminin arttığı belirtilmektedir (64). Aynı

zamanda gıda dağıtım sürecindeki sürdürülebilirlik ve kalite uygulamalarının gıda güvenliğinin ayrılmaz bir parçası olduğu da bilinmektedir (65).

SONUÇ ve TARTIŞMA

İzlenebilirlik sistemleri, sadece tüketicileri güvence altına almayan aynı zamanda üreticilerin, tedarik zinciri, stok ve kalite kontrol yönetimi gibi yönetsel işlemlerinin etkinliğini arttıran bir araç da olmaktadır. Böylelikle izlenebilirliği sağlanmış gıdayı tüketiciye sunan işletmeler, rekabet avantajı da kazanmaktadır.

Gıda lokasyonu, ingrediyanları, kritik kontrol noktaları ve muhtemel risk bilgilerinin tamamını içeren tam izlenebilirlik sistemlerinin, tüm dünyada, yasaların zorunluluğu haline getirilerek aynı zamanda sıkı takip edilmesiyle hem tüketici hem de üreticiler korunmalıdır. Bu şekilde oluşturulan izlenebilirlik sistemlerinin, küresel gıda pazarında gıda kaynaklı hastalıkları önleme, kalite yönetimini hızla takip etme imkânını da sunacağına inanılmaktadır.

Ülkemizde, 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem kanununun sıkı denetimlerle uygulanmasıyla, tarladan çatala gıda güvenliği sisteminin, zincirin tüm paydaşlarınca garanti edilmesi ve uygulamaların takibi sağlanmalıdır.

Gelişen teknoloji ile gelişmeye açık olan izlenebilirlik sistemlerinin, uygun AR-GE çalışmalarıyla geliştirilmesi ve kamunun da bu konu ile ilgili birimleri ile izlenebilirlik sistemlerini desteklemesi gerektiği düşünülmektedir.

Gelecek çalışmalarda, izlenebilirlik sistemlerinin kalite kontrol sistemleri ile entegre edildiği çalışmalara ağırlık verilmesinin de iyi olacağı düşünülmektedir. Böylece tam izlenebilirlik ve kalite kontrolün sağlanabileceğine inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Anon (2006). Principles for Traceability/Product Tracing As a Tool Within a Food Inspection and Certification System. CAC/GL 60-2006. Codex Alimentarius Commission FAO/WHO.
2. Anon (2002). *Eu Regulation No. 178/2002 of The European Parliament And The Council Of January 2002*. Journal Of The European Communities.
3. Anon (2010). 5996 no'lu Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. 13/06/2010 tarih ve 27610 sayılı Resmi Gazete. <http://www.resmigazete.gov.tr>

4. Opara, L. U. (2003). Traceability in Agriculture And Food Supply Chain: A Review Of Basic Concepts, Technological Implications, And Future Prospects. *J Food Agric Env* 1: 101-106.
5. Dabbene, F., & Gay, P. (2011). Food Traceability Systems: Performance Evaluation And Optimization. *Comput Electron Agric*, 75: 139-146.
6. Raspor, P. (2005). Bio-Markers: Traceability in Food Safety Issues. *Acta Biochim Pol*, 52 (3): 659-664.
7. Xiaoshuan, Z., Jian, Z., Hu, Z., & Zetian, F. (2009) A Conceptual Framework For Quality Safety Traceability System in Meat Food. *Proceedings Of The 11th Wseas International Conference On Automatic Control, Modelling And Simulation*, (S. 51-60).
8. Pouliot, S., & Sumner, S. A. (2008). Traceability, Liability And Incentives For Food Safety And Quality. *Am J Agric Econ*, 90 (1): 15-27.
9. Folinas, D., Manikas, I., & Manos, B. (2006). Traceability Data Management For Food Chains. *British Food Journal*, 108 (8): 622-633.
10. Kondo, N. (2010). Automation On Fruit And Vegetable Grading System And Food Traceability. *Trends in Food Science And Technology*, 21: 145-152.
11. Bontempo, L., Camin, F., Manzocco, L., Nicolini G., Wehrens, R., Ziller, L., Larcher R., (2011). Traceability Along The Production Chain of Italian Tomato Products on The Basis Of Stable Isotopes And Mineral Composition. *Rapid Commun. Mass Spectrom*, 25: 899-909.
12. Hu, J., Zhang, X., Moga, L. M., & Neculita, M. (2013). Modeling and implementation of the vegetable supply chain traceability system. *Food Control*, 30: 341-353.
13. Özbay, S., Orhan, O., & Topaloğlu, R. H. (2014). Geleneksel Gıdalarda İzlenebilirlik Aracı Olarak CBS Kullanımı. *4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu* (s. 35-38). Adana: Gökçe Ofset Matbaacılık Yayıncılık.
14. Wang, J.-H. (2013). Performance Evaluation of Food Traceability System in Catering Industry. *Pak. J. Statist*, 29(5): 673-680.
15. Thakur, M., Mosher, G. A., Brown, B., Bennet, G. S., Shepherd, H. E., & Hurburgh, C. R. (2009). Traceability in The Bulk Grain Supply Chain. *Agricultural And Biosystems Engineering Publications And Papers*, 20-22.
16. Liu, S., Zheng, H., Meng, H., Hu, H., Wu, J., & Li, C. (2009). Study On Quality Safety Traceability Systems For Cereal And Oil Products. *World Congress On Software Engineering*, (S. 163-166).

17. Zailani, S., Arrifin, Z., Wahid, N. A., Othman, R., & Fernando, Y. (2010). Halal Traceability And Halal Tracking Systems in Strengthening Halal Food Supply Chain For Food Industry in Malaysia (A Review). *Journal Of Food Technology*, 8 (3): 74-81.
18. Morenas, J. d., Garcia, A., & Blanco, J. (2014). Prototype traceability system for the dairy industry. *Comput Electron Agric*, 101: 34-41.
19. Miraglia, M., Berdal, K., Brera, C., Corbisier, P., Holst-Jensen, A., Kok, E., Marvin H.J.P., Schimmel H., Rentsch J., Rie J.P.P.F., Zagonj., (2004). Detection And Traceability of Genetically Modified Organisms in The Food Production Chain. *Food Chem Toxicol*, 42: 1157-1180.
20. Schroder, U. (2008). Challenges in The Traceability Of Seafood. *Journal Of Consumer Protection And Food Safety*, 3: 45-48.
21. Parreño-Marchante, A., Alvarez-Melcon, A., Trebar, M., & Filippin, P. (2014). Advanced traceability system in aquaculture supply chain. *J Food Eng*, 122: 99-109.
22. Pouliot, S., & Sumner, D. A. (2013). Traceability, Recalls, Industry Reputation And Product Safety. *European Review Of Agricultural Economics*, 40 (1): 121-142.
23. Van-Dervorst, J. G. (2006). Product Traceability in Food-Supply Chain. Accreditation And Quality Assurance, 11: 33-37.
24. Laux, C. M., & Hurburgh, C. R. (2010). Using Quality Management Systems for Food Traceability. *Journal of Industrial Technology*, (26)3: 2-10.
25. Ringsberg, H. (2014). Perspectives on food traceability: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, (19)5/6: 558 - 576.
26. Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability Of Food Products: General Framework And Experimental Evidence. *J Food Eng*, 81: 347-356.
27. Wang, X., & Li, D. (2006). Value Added On Food Traceability: A Supply Chain Management Approach. *Soli'06*, (S. 493-498). Shanghai.
28. Leat, P., Marr, P., & Ritchie, C. (1998). Quality Assurance And Traceability-The Scottish Agri-Food Industry's Quest For Competitive Advantage. *Supply Chain Management*, 3 (3): 115-117.
29. Moe, T. (1998). Perspectives On Traceability in Food Manufacture. *Trends in Food Science And Technology*, 9: 211-214.
30. Meuwissen, M. P., Velthuis, A. G., Hogeveen, H., & Huurne, R. B. (2003). Traceability and Certification in Meat Supply Chains. *Journal Of Agribusiness*, 21 (2): 167-181.
31. Golan, E., Krissoff, B., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K., & Price, G. (2004). *Traceability in The U.S. Food Supply: Economic Theory And Industry Studies*. Washington: Usda/Economic Research Service.
32. Souza-Monteiro, D. M., & Caswell, J. A. (2004). *The Economics Of Implementing Traceability In Beef Supply Chains: Trends in Major Producing And Trading Countries*. University Of Massachusetts Amherst Department Of Resource Economics Working Paper No. 2004-6.
33. Bello, L. L., Mirabella, O., & Torrisi N. (2004). Modelling And Evaluating Traceability Systems in Food Manufacturing Chains. *13th Ieee International Workshops On Enabling Technologies: Infrastructure For Collaborative Enterprises*.
34. Mahalik, N. P., & Nambiar, A. N. (2010). Trends in Food Packaging And Manufacturing Systems And Technology. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 117-128.
35. Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, J. I. (2009). A Review Of Wireless Sensor Technologies And Applications in Agriculture And Food Industry: State Of The Art And Current Trends. *Sensors*, 9: 4728-4750.
36. Martins-Lopes, P., Gomes, S., Pereira, L., & Guedes-Pinto, H. (2013). Molecular Markers For Food Traceability. *Food Technol Biotechnol.*, 51 (2): 198-207.
37. Huang, L., Yu, P., Luo, Q., & YU, G. (2011). Designing and Planning Agricultural Supply Chain Traceability System Based on Modern RFID Technology. International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer, (s. 2112-2118). China.
38. Hou, R., & Zhu, X. (2012). The Application of RFID Technology in the Food Traceability System. International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering, (s. 788-791).
39. Bertolini, M., Bevilacqua, M., & Massini, R. (2006). FMECA Approach to Product Traceability in The Food Industry. *Food Control*, 17: 137-145.
40. Herrero, M., Simo, C., Garcia-Canas, V., Ibanez, E., & Gifuentes, A. (2012). Foodomics: Ms-Based Strategies in Modern Food Science And Nutrition. *Mass Spectrometry Reviews*, 31: 49-69.
41. Castro-Puyana, M., & Herrero, M. (2013). Metabolomics Approaches Based On Mass Spectrometry For Food Safety, Quality And Traceability. *Trends Anal Chem*, 52: 74-87.

42. Wang, X., Li, D., & O'Brien, C. (2009). Optimisation Of Traceability And Operations Planning: An Integrated Model For Perishable Food Production. *International Journal Of Production Research*, 47 (11): 2865-2886.
43. Hsu, Y.-C., Chen, A.-P., & Wang, C.-H. (2008). A RFID-Enabled Traceability System For The Supply Chain of Live Fish. *Proceedings Of The Ieee International Conference On Automation And Logistics Qingdao*, (S. 81-86). China.
44. Ruiz-Garcia, L., Steinberger, G., & Rothmund, M. (2010). A Model And Prototype Implementation For Tracking And Tracing Agricultural Batch Products Along The Food Chain. *Food Control*, 21: 112-121.
45. Chen, R.-S., Chen, C.-C., Yeh, K., Chen, Y.-C., & Kuo, C.-W. (2008). Using RFID Technology in Food Produce Traceability. *Wseas Transactions On Information Science And Applications*, 5 (11): 1551-1560.
46. Kelepouris, T., Pramataris, K., & Doukidis, G. (2007). RFID-Enabled Traceability in The Food Supply Chain. *Industrial Management & Data Systems*, 107 (2): 183-200.
47. Thakur, M., Sorensen, C.-F., Bjornson, F. O., Foras, E., & Hurburgh, C. R. (2011). Managing Food Traceability Information Using Epcis Framework. *J Food Eng*, 103: 417-433.
48. Zhang, J., & Bhatt, T. (2014). A Guidance Document on the Best Practices in Food Traceability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13: 1074-1103.
49. Opara, L.U. & Mazaud, F. (2001). Food Traceability From Field To Plate. *Outlook On Agriculture*, Vol. 30, Pp. 239-247. In Aarnisalo, K., Heiskanen, S., Jaakkola, K., Landor, E., & Raaska, L. (2007). *Traceability of Foods And Foodborne Hazards*. Helsinki: Edita Prima Oy.
50. Cebeci, Z., & Kutlu, H. R. (2009). Yumurta İzlenebilirliği İçin Kavramsal Bir Sistem Tasarımı. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 8 (1): 26-33.
51. Dwiyoitno, D., (2009). Traceability Techniques For Fish And Seafood Authentication. *In Indonesian Marine And Fisheries Product Processing And Biotechnology*. Isbn: 978-602-96199-1-1
52. McEntire, J. C., Arens, S., Bernstein, M., Bugusu, B., Busta F.F., Cole, M., Davis A., Fisher W., Geisert H., Jensen H., Kenah B., Lloyd B., Mejia C., Miller B., Mills R., Newsome R., Osho K., Prince G., Scholl S., Sutton D., Welt B., Ohlhorst S., (2010). Traceability (Product Tracing) in Food Systems: An Ift Report Submitted To The FDA, Volume 1: Technical Aspects And Recommendations. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 9: 92-158.
53. Kocaman, N., & Sarımehtemoğlu, B. (2010). Gıdalarda Akıllı Ambalaj Kullanımı. *Vet Hekim Der Derg*, 81(2): 67-72.
54. Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., Zarate, A. G., Juarros, A., Gomez, J., Et Al. (2009). RFID Smart Tag For Traceability And Cold Chain Monitoring Of Foods: Demonstration in An Intercontinental Fresh Fish Logistic Chain. *J Food Eng*, 93: 394-399.
55. Aarnisalo, K., Heiskanen, S., Jaakkola, K., Landor, E., & Raaska, L. (2007). Traceability Of Foods And Foodborne Hazards. Helsinki: Edita Prima Oy.
56. Ruiz-Garcia, L., & Lunadei, L. (2011). The Role Of RFID in Agriculture: Applications, Limitations And Challenges. *Comput Electron Agric*, 79: 42-50.
57. Özçandır, S., & Yetim, H. (2010). Akıllı Ambalajlama Teknolojisi Ve Gıdalarda İzlenebilirlik. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1): 1-11.
58. Barker, G., Gomez, N., & Smid, J. (2009). An Introduction To Biotracing in Food Chain Systems. *Trends in Food Science & Technology*, 20: 220-226.
59. Hoorfar, J., Wagner, M., Jordan, K., Bouquin, S. L., & Skiby, J. (2011). Towards Biotracing in Food Chains. *Int J Food Microbiol*, 145: 51-54.
60. Nicolau, A. I., Barker, G. C., Aprodu, I., & Wagner, M. (2013). Relating The Biotracing Concept to Practices in Food Safety. *Food Control*, 29: 221-225.
61. Neethirajan, S., & Jayas, D. S. (2011). Nanotechnology For The Food And Bioprocessing Industries. *Food And Bioprocess Technology*, 4: 39-47.
62. Sozer N., Kakini J. L., (2009). Nanotechnology And Its Applications in Food Sector. *Trends Biotechnol*. 27 (2): 82-89 In Kocaman, N., & Sarımehtemoğlu, B. (2010). Gıdalarda Akıllı Ambalaj Kullanımı. *Vet Hekim Der Derg*, 81(2): 67-72.
63. Wang, N., Zhang, N., & Wang, M. (2006). Wireless Sensors in Agriculture And Food Industry— Recent Development And Future Perspective. *Comput Electron Agric*, 50: 1-14.
64. Xiaoshuan, Z., Jian, Z., Feng, L., Zetian, F., & Weisong, M. (2010). Strengths And Limitations On The Operating Mechanisms Of Traceability System in Agro Food, China. *Food Control*, 21: 825-829
65. Akkerman, R., Farahani, P., & Grunow, M. (2010). Quality, Safety And Sustainability in Food Distribution: A Review Of Quantitative Operations Management Approaches And Challenges. *Or Spectrum*, 32: 863-904

UÇUCU YAĞLARI ELDE ETME YÖNTEMLERİ

Deniz Kaya, Pelin Günc Ergönül*

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

Geliş tarihi / *Received*: 14.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 29.01.2015

Kabul tarihi / *Accepted*: 11.02.2015

Özet

Esansiyel ve eterik yağlar olarak da bilinen uçucu yağlar, bitkilerin farklı kısımlarından (çiçek, tohum, yaprak, vb.) elde edilen aromatik bileşiklerdir. Bu doğal ürünler parfüm, kozmetik, aromaterapi, fitoterapi, alternatif tıp, gıda sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde gıda bozulma ve zehirlenmelerine neden olan bakteri, maya ve küfler üzerinde de etkilidirler. Bileşiminde hidrokarbonlar ile azotlu türevleri, monoterpenler, seskiterpenler ve diterpenler bulunur. Ayrıca fenil propanoitler, yağ asitleri ve esterlerine de uçucu yağlarda rastlanabilir. Günümüzde uçucu yağların üretiminde başta destilasyon olmak üzere, presyon ve farklı ekstraksiyon teknikleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede uçucu yağlar, genel özellikleri ve üretim teknikleri ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Destilasyon, ekstraksiyon, presyon, uçucu yağ

OBTAINING METHODS OF VOLATILE OILS

Abstract

Volatile oils are also known as essential or etheric oils are obtained from different parts of plants (flowers, seeds, leaves, etc.). These natural products are used several areas like in perfume manufacturing, aroma therapy, phyto therapy, and food industry. In addition to these, they have important affects on bacteria, moulds and yeasts which cause food-borne diseases. Hydrocarbons and their nitrogenous derivatives, monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes are found in their compositions. Also, phenyl propanoids, fatty acids and esters can be found in their compositions. Today, in manufacturing of volatile oils many techniques like distillation, pressing and other extraction methods are widely used. In this review, it was aimed to discuss the literature related to general characteristics and manufacturing techniques of volatile oils.

Keywords: Distillation, extraction, pressing, volatile oil

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ pelingunc81@hotmail.com,

☎ (+90) 532 7087039,

☎ (+90) 236 2412143

GİRİŞ

Uçucu yağlar; bitkilerin yaprak, çiçek, kabuk, meyve, tohum ve köklerinden, destilasyon, ekstraksiyon veya presyon yöntemleriyle elde edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda olan, kolayca kristallenebilme özelliğine sahip, çoğunlukla renksiz aromatik hidrokarbon karışımlarıdır. Bunlar aynı zamanda bulunduğu bitkiye karakteristik özellik sağlayıp bitkiye ait koku ve lezzeti veren, çok sayıda kimyasal bileşenden oluşan, oda sıcaklığında uçucu özellikte olan ve su ile sürüklenme özelliğine sahip yağimsi karışımlardır. En belirgin özellikleri ise uçucu ve kokulu olmalarıdır. Sabit yağlardan ayrılan en önemli özelliği ise sulu etanolde çözünmesidir (1-5).

Esas olarak terpenlerden oluşan suda çözünmeyen, fakat organik çözücülerde kolaylıkla çözünen kompleks karışımlardır. Özellikle çiçek ve meyvelerde çok fazla bulunurlar. Antiseptik, antioksidan, sindirim uyarıcı, antimikrobiyel ve enzimatik etkileri bilinen en önemli fonksiyonlarıdır (6-7). Bütün uçucu yağlar depolama sürecinde, uzun süre hava, ışık ve ısıya maruz kaldıklarında genellikle oksidasyona, polimerizasyona ve hidrolizasyona uğrarlar. Bu nedenle uçucu yağlar hava geçirmez, koyu renkli cam ya da alüminyum kaplarda ağzı sıkıca kapalı bir şekilde eğer mümkünse azot altında, soğuk ve karanlık yerlerde depo edilmelidirler (8-10).

Birçok kokulu bitkiden ekstraksiyon, presyon ve buhar destilasyonu yöntemleri ile elde edilen uçucu yağlar, gerek aroma kullananlar ve gerekse bu ürünleri üretenler için çok değerli ve önemli bir kaynaktır. Bu ürünlere bitkiler, belirgin ve teşhiste rol oynayan kokularını verirler. Bu kokular bitki türüne, bitki kısmına, çevre koşullarına, iklim ve toprak şartlarına, hasat zamanına ve hasattan sonra destilasyona kadarki bakım ve muhafaza ile orantılı olarak değişen organik maddelerin kompleks bir karışımıdır (8). Uçucu yağ eldesinde; süperkritik akışkan ekstraksiyonu, mikrodalga ekstraksiyonu, ultrasonik destekli mikrodalga ekstraksiyonu, ohmik destekli hidrodestilasyon gibi yöntemler ise son yıllarda gelişme gösteren modern tekniklerdir (11-14).

Bu derlemede; uçucu yağların genel özellikleri, kullanım alanları, çeşitleri ve elde edilme teknikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca uçucu yağ elde etme yöntemlerinin birbiriyle kıyaslaması yapılarak yağ verimi ve ekstrakte edilen uçucu ve uçucu

olmayan bileşenler üzerine olan etkisi de değerlendirilmiştir.

UÇUCU YAĞLARIN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Aromatik bitkilerden farklı yöntemlerle elde edilen, kendine has kokusu, tadı ve rengi olan uçucu özelliğe sahip, bitkilerin ikincil metabolit ürünleridir. Suda çözünmezler, ancak suda bekletildikleri zaman bileşimindeki oksijenli bileşiklerin bir kısmı suda çözündüğünden eczacılıkta önemli olan aromatik suları meydana getirirler. Taze elde edildikleri zaman renksizdirler. Kimyasal yapılarında en büyük grubu terpenler oluşturur (15-18). Ayrıca oksijenli terpenoit türevleri (alkoller, aldehitler, ketonlar ve esterler), benzenoit yapıdaki bileşenler (alkoller, esterler, asitler, aldehitler, ketonlar, fenoller, fenol eterler, laktonlar vb.) ve nadir olarak azot ve/veya kükürt içeren bileşenleri de içermektedirler. Çok sayıda bileşikten meydana geldikleri için yapıları karmaşıktır (8-10).

Uçucu yağların, kekik, defne, karanfil, gül, zencefil, biberiye, nane, karabiber, adaçayı, anason, sarımsak yağları olmak üzere birçok çeşidi vardır (19). Biyolojik temelli ürünlerin çoğunun yapısında bulduklarından; parfüm, kozmetik, gıda ve içecek sanayilerinde, tıpta, ev temizlik ürünlerinde, aroma terapilerde ve eczacılık olmak üzere farklı endüstrilerde çeşitli kullanım alanlarına sahiptirler (20-29). Mesela gül yağı antiseptik özelliğiyle tıpta, güzel kokusuyla kozmetik sanayinde ve aroma maddesi olarak gıda sanayinde kullanılmaktadır (30). Bütün bunların yanında uçucu yağların; analjezik, antiseptik, antifungal, antiviral, bakterisit, insektisit, sedatif, stimulan, antioksidan gibi etkileri vardır. Bu özellikler uçucu yağ türüne göre değişiklik gösterse de hepsinin ortak yanı genel olarak antibiyotik, dezenfekte edici, bağışıklık sistemini güçlendirici etkilerinin olmasıdır (31-46). Hidrofobik özellikte olmaları uçucu yağların antimikrobiyal ve antifungal etkilerini arttırmaktadır (47). Ayrıca bu özellikleri sayesinde ambalajlarda ve yenilebilir filmlerde sentetik maddelere alternatif olarak koruyucu madde görevinde kullanılmaktadırlar (48-51).

UÇUCU YAĞ ELDE ETME YÖNTEMLERİ

Uçucu yağlar; bitkilerdeki uçucu yağ miktarına, cinsine ve bitki kısmına göre farklı yöntemlerle elde edilebilmektedirler (52). Uçucu yağ bitkilerinde yağ oranları; bitkinin organlarına, bitkinin gelişme dönemine, gün içindeki sıcaklık değişimlerine, iklim, çevre, topografik koşullara, bitkinin yaşı ve genetik yapısına göre değişim göstermektedir

(52). Uçucu yağ elde etme verimi ise; bitkiden elde edildiği kısma (çiçek, kök, tohum), bitkinin elde edildiği hasat zamanına, bitkinin vejetasyon dönemine (çiçekli, çiçeksiz, tohum), çevresel faktörlere, analitik yöntemlere ve materyalin yapısına (kuru, yaş, öğütülmüş) bağlı olarak değişiklik göstermektedir (53-55). Uçucu yağlar genel olarak; Destilasyon, Presyon ve Ekstraksiyon yöntemleri olmak üzere üç yöntemle elde edilirler (8, 56);

Destilasyon Yöntemi:

İki veya daha fazla sıvı bileşeni kaynama noktası veya uçuculuk farkına dayanarak bir karışım içerisinde ayırma işlemine destilasyon denir. Kaynama noktaları farklı maddelerin oluşturduğu karışımı kaynama noktasına kadar ısıtarak kaynama noktası düşük olan maddeyi buhar haline geçirme ve buharı soğutarak yoğunlaştırmaya dayanır (1). Burada amaç; uçucu bir sıvıyı, çoğu zaman da farklı uçuculukta sıvıları, uçucu olmayan bir madde içerisinde ayırmaktır (56).

Destilasyon çeşitleri ve esasları (3, 8, 15).

Su Destilasyonu (Hydrodistillation - HD): Su içerisinde bulunan materyalin ısı işlem uygulanarak uçucu bileşenlerinin buharlaştırılması ve daha sonra da soğutularak kondense edilmesidir. Yöntem toz halindeki materyallerde daha iyi sonuç vermektedir. Bu yöntemle elde edilen uçucu yağlar diğerlerine göre daha koyu renkli ve daha farklı kokuya sahiptirler.

Buhar destilasyonu (Steam Distillation): Uçucu organik maddeleri su buharı kullanarak ayırmaya dayanır. Isıya karşı hassas olan maddeler (tarçın, kekik) için uygundur. Bu yöntemde buharın hızı ve ısısı kontrol edilebilir. Daha çok büyük ölçekte uçucu yağ üretimi için tercih edilir.

Hidrodiffüzyon: Materyalin bulunduğu kazana alttan değil üstten buhar gönderilerek ayırım yapılmasına dayanır. Burada difüzyon olayı ozmotik basınç prensibiyle gerçekleşir. Kullanımı kolay, kapasitesi düşüktür.

Mikrodalga destekli Destilasyon (MWD): Mikrodalga enerjisi kullanılarak destilasyon yapılmasına dayanır. Burada önemli olan materyalin ve sıvının mikrodalga enerjisini almasıdır. Materyal ve su bu şekilde ısıtılır.

Fraksiyonlu Destilasyonu: Kaynama noktaları birbirine yakın olan maddelerin ayırımına dayanır. Bu işlem buhar fazı ile sıvı fazın bir çok defa dengeye getirilmesine imkân veren kademelerden oluşmaktadır.

Vakum destilasyonu (Vacuum Distillation-VD): Yüksek sıcaklıkta bozulan maddelerin distile edilmesine dayanır. Burada sıcaklığın yükseltilmesi yerine basınç düşürülmesi tercih edilir.

Moleküler destilasyon: Kaynama sıcaklığı yüksek olan ürünlerin destilasyonu ve ayrılması için, bileşenlerin buharlaşmasına dayanan moleküler destilasyonda, buhar fazındaki moleküller kondansörün soğuk yüzeyine yapışmak suretiyle ayrılır.

Presleme:

Narenciye (limon, portakal, mandalina, greylift, bergamot) meyvelerinin taze kabuklarından sıkma yoluyla elde edilirler. Limon ve portakal gibi bazı turuncgillerin kabuklarındaki uçucu bileşikler destilasyon yöntemi uygulandığında bozulmaktadır. Bu gibi meyvelerin kabukları bez bir torbaya koyulup, soğuk hidrolik preslerde sıkılarak uçucu yağlar elde edilebilmektedir (3). Uygulama esnasında sıcaklığın olmayışı ve uçucu olmayan bileşenlerin ortamda kalışı bu yöntemle elde edilen yağlara daha üstün aroma özelliği kazandırır. Ayrıca bu yağlar, buharda uçucu olmayan tokoferoller gibi doğal antioksidanlara da sahiptirler (8).

Ekstraksiyon Yöntemi:

Destilasyon yönteminin yüksek buhar sıcaklığından zarar gören aromatik bileşiklere uygulanması verimi düşürür. Bu nedenle bazı uçucu yağların çiçeklerden ayrılmasında çeşitli ekstraksiyon yöntemleri kullanılır. Ekstraksiyon işleminin temeli çözücülerle uçucu yağın alınmasına dayanır. Bu amaçla kullanılan çözücüler uçucu olan ve uçucu olmayan çözücüler olmak üzere ikiye ayrılır. Ekstraksiyon çeşitleri ve esasları (3, 8, 51, 58)

Çözücülerle Ekstraksiyon: Hidrokarbon çözücülerle ekstraksiyon yapılmasına dayanır. Ekstre edilecek malzemenin katı ya da sıvı fazda olmasına göre katı-sıvı veya sıvı-sıvı ekstraksiyonu olarak sınıflandırılır. Çözücülerin toksik olması nedeniyle son zamanlarda tercih edilmemektedir.

Yasemin, sümbülteper gibi bazı çiçekler az miktarda yağ içeriklerinden ve narin yapılarından dolayı uçucu yağları, anfloraj diye adlandırılan zahmetli ve uzun süren işlem ile elde edilir. Anfloraj yöntemi için çözücü olarak sığır don yağı ve domuz don yağı karışımı kullanılır. Her iki yağında çok saf ve kokusuz olması gerekir. Aksi halde istenilen ürün elde edilemez.

Anfloraj, örneklerin soğuk hayvansal yağa temas ettirilmesiyle gerçekleştirilir. Tahta çerçevelerle desteklenmiş cam plakaların yüzeyine sürülen

yağ ile temas eden çiçek, bu plakalar arasında sıkıştırılarak aroma maddelerinin yağ tarafından absorbe edilmesi sağlanır.

Maserasyon, çiçeklerden uçucu yağ eldesi için kullanılan ilkel metotlardan birisidir. 60–70 °C'deki erimiş hayvansal yağa veya bitkisel yağa batırılan çiçekler ısı etkisiyle parçalanarak aroma maddelerinin yağa geçmesi sağlanır. Yağ içinde kalan çiçek parçaları ortamdaki uzaklaştırılarak üzerlerinde kalan yağ hidrolik basınç uygulamasıyla alınır ve aroma maddelerini içeren yağa katılır. Bu işlem, yağ iyice aroma maddeleriyle doyana kadar devam ettirilir.

Süper Kritik Sıvı Ekstraksiyonu (SFE): Çözücülerin süperkritik akışkan forma getirilerek kullanılmasına dayanır. Bu akışkanlar ne gaz ne de sıvı olarak değerlendirilir. Bu da ekstraksiyon işlemleri sırasında maddelerin seçici olarak ekstre edilebilmesine imkân sağlar. Son zamanlarda çevre dostu olması, ekstraksiyon veriminin yüksek olması ve toksik etkisinin olmaması nedeniyle çok tercih edilmektedir.

Mikrodalga Ekstraksiyonu (MWE): Mikrodalga enerjisi ile kısa sürede az miktarda çözücü kullanılarak ekstraksiyon yapılmasına dayanır. Deney sırasında sıcaklık ve süre kontrol edilmelidir.

Mikrodalga Buhar Difüzyon Yöntemi: Kısa ekstraksiyon süresi, düşük enerji tüketmesi, maliyetinin az olması, yüksek verim sağlaması ve çevre dostu olması nedeniyle son günlerde tercih edilen yeni bir yöntemdir.

Katı Faz Mikroekstraksiyonu (SPME): Örnek hazırlama, ekstraksiyon ve yoğunlaştırma aşamalarının çözücü içermeyen tek bir aşamada birleştirilmesine dayanır. SPME, GC veya GC-MS ile birlikte özellikle çevre, biyoloji ve gıda örneklerindeki uçucu ve yarı uçucu organik bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır.

Çok Yönlü Ekstraksiyon Yöntemleri (SDE):

Yöntemin çalışma prensibine göre örnek, SDE aparatının sol tarafına su dolu cam balonun içerisine konularak kaynatılmaktadır. Uçucular, buharla destile olarak sol kolondan yukarıya doğru hareket ederken aynı zamanda SDE aparatının sağ tarafındaki çözücü de buharlaştırılmaktadır. Ekstraksiyon işlemi aparatın üst kısmında yer alan soğutucunun cidarlarında su ve çözücü buharının yoğunlaşmasıyla gerçekleşmektedir. Yoğunlaşan su ve çözücü tekrar buldukları cam balonlara dönmekte, su ve çözücü kısmı ayrı ayrı yoğunlaştırılarak uçucu bileşikler elde edilmektedir (3).

UÇUCU YAĞ ELDE ETME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Karabiberdeki uçucu yağların HD ve SC-CO₂ yöntemleri kullanılarak ekstrakte edildiği bir çalışmada, HD yönteminde çözücü olarak su kullanıldığında verim %2.88, SC-CO₂ ekstraksiyonunda ise %2.16 bulunmuştur. Çözücünün toksik olmaması, sürenin kısa olması HD yöntemini avantajlı kılmıştır (17).

Milic ve ark. (2006) çalışmalarında nane bitkisinden; SD, Soxhlet ekstraksiyonu (SE) ve SFE yöntemlerini kullanarak uçucu yağ elde etmişler ve yöntemleri kıyaslamışlardır. Sonuçlara bakıldığında verim SD yönteminde %3.19 (w/w), SE yönteminde %8.17 ve SFE yönteminde %3.57 olarak bulunmuştur. En yüksek verimi çözücü ekstraksiyonundan elde etmişlerdir (59).

Gavahion ve ark. (2012), kekikteki uçucu yağları ohmik-elektrik destekli ekstraksiyon (OHAD) ve HD tekniklerini kullanarak ekstrakte etmişlerdir. OHAD yönteminde ekstraksiyon süresi oldukça kısadır, HD yöntemine göre daha ekonomik, çevre dostu ve verimi yüksektir (60).

Zougali ve ark. (2012), SFME ve HD yöntemlerini kullanarak mersin bitkisindeki uçucu yağları elde etmeye çalışmışlardır. Çalışmalar sonucu mersin bitkisinin antioksidan ve antimikrobiyal etkisinin yüksek olduğu bulunmuştur. Yöntemler kıyaslandığında ise SFME yönteminde elde edilen verim (% 0.32) daha yüksek bulunmuştur (61).

Zhao ve ark. (2014); Okaliptus türündeki uçucu yağların ekstrakte edilmesinde SFE ve SE yöntemlerini kullanmışlardır. SFE yönteminde verim %4.78, SE yönteminde %7.9 bulunmuştur (62).

Issartier ve ark. (2013), lavanta uçucu yağının ekstrakte edilmesi için 8 farklı metot kullanmışlardır. Yöntemler için; zaman, verim, uçucu yağ bileşimi ve duyu analizi karşılaştırmaları temel alınmıştır. Yöntemler içerisinde en ideali %5.4 verimle mikrodalga hidrodifüzyon ve ağırlık (MHG) olarak belirlenmiştir (63)

Allaf ve ark.(2013), Anlık kontrol edilen basınç düşüşü yöntemi (DIC) ve HD yöntemlerini kıyaslamışlardır. Portakal kabuğundaki uçucu yağları HD ile 4h, DIC ile 2 dk ekstrakte etmişlerdir. Uçucu yağ verimini HD yönteminde 1.97 mg/g kuru madde, DIC ile 16.57 mg/g kuru madde bulmuşlardır. Daha sonra her iki yöntem için SEM görüntüleri alınmış ve HD ile ekstrakte edilen örneğin SEM görüntüsü düz yapıdayken, DIC ile edilen görüntüsü dağınık şekilde gözlemlenmiştir (64).

Loprsto ve ark. (2014); narenciye kabuklarını soxhlet ekstraksiyonu ve yüksek basınç-yüksek sıcaklık ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte etmişler ve yöntemleri kıyaslamışlardır. Yüksek basınç-yüksek sıcaklık yönteminin enerjisi düşük, ekstraksiyon süresi kısa ve verimi oldukça yüksek bulunmuştur (65).

Filly ve ark. (2014), biberiyede bulunan uçucu yağları çözücüsüz mikrodalga ekstraksiyonu (SFME) ve su destilasyonu yöntemlerini kullanarak farklı sürelerde ekstrakte etmişler ve yöntemleri kıyaslamışlardır. Yapılan çalışma sonucu her iki yöntemin kalitatif ve kantitatif olarak benzer sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir (66).

Samaram ve ark. (2014), kavun ağacı tohumlarındaki uçucu yağları elde etmek için; çözücü ekstraksiyonu, soxhlet ekstraksiyonu ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemlerini kullanmışlardır. Yöntemleri kıyasladıklarında; arzu edilen fizikokimyasal özellikleri sağlamanın yanı sıra stabil olması, ekstraksiyon süresinin kısa olması ve yüksek verim elde edilmesi nedeniyle ultrasonik destekli ekstraksiyonu daha avantajlı bulmuşlardır (67).

Petrakis ve ark. (2014), farklı bitkilerden uçucu yağ eldesinde MWHD yönteminin HD yöntemine göre daha kısa süren ve daha az enerji gerektiren bir yöntem olduğunu söylemişlerdir (68).

Boukroufa ve ark. (2014), portakal kabuğundaki uçucu yağları SD ve mikrodalga-ultrasonik destekli teknikleri kullanarak ekstrakte etmişlerdir. Her iki yöntemde de verim açısından benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak mikrodalga-ultrasonik optimizasyonu ile elde edilen yöntem, atık suların değerlendirilmesi, zaman ve enerjiden tasarruf sağlanması ve verimin yüksek olması sebebiyle daha avantajlı bulunmuştur (69).

SONUÇ

Literatür çalışmaları incelendiğinde farklı uçucu yağ elde etme yöntemlerinin kullanımının elde edilen uçucu yağ miktarı ve uçucu yağların kimyasal bileşimi üzerine farklı etki yaptığı görülmektedir. Ayrıca bitkilerin farklı kısımları kullanılarak yapılan ekstraksiyon işlemlerinin, verim ve uçucu yağ bileşenleri üzerine de önemli etkisinin olduğu birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda; SFE yönteminin diğer yöntemlere kıyasla ekstraksiyon veriminin yüksek olması, çevre dostu olması,

toksik çözücü içermemesi sebebiyle daha çok tercih edildiği görülmektedir. Çözücü ekstraksiyonunun toksik etkisi sebebiyle pek tercih edilmediği, klasik destilasyon yöntemlerinden biri olan su destilasyonunda SFE yöntemi kadar kullanımı olduğu da sonuçlar arasındadır.

KAYNAKLAR

1. Cellat K. 2011. Bazı Endemik Bitkilerin Uçucu Yağ Bileşenlerinin Ekstrakte Edilmesi ve İçeriklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi 73.
2. Khosvari R, Sendi JJ. 2013. Toxicity, development and physiological effect of Thymus vulgaris and Lavandula angustifolia essential oils on Xanthogaleruca luteola (Coleoptera: Chrysomelidae), *J King Saud Univ Sci* 25(4): 349-355.
3. Sosa RA, Palou E, Mungu a MTJ, Malo AL. 2012. Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starch edible films, *Int J Food Microbiol* 153(1-2): 66-72.
4. Raut JS, Karuppayil SM. 2014. A status review on the medicinal properties of essential oils, *Ind Crops Prod* 62: 250-264.
5. Nour AH, Sulaiman ZA, Nour AH, Raj ST. 2014. A Comparative Study of Lemongrass (Cymbopogon Citratus) Essential Oil Extracted by Microwave-Assisted Hydrodistillation (MAHD) and Conventional Hydrodistillation (HD) Method, *Int. J. of Chem. Eng. and App.*, 5, 2.
6. Oraby MM, El-Borollosy AM. 2013. Essential oils from some Egyptian aromatic plants as an antimicrobial agent and for prevention of potato virus Y transmission by aphids, *Annals Agric Sci* 58(1): 97-103.
7. Tiên Do TK, Minaglou FH, Antoniotti S, Fernandez X. 2014. Authenticity of essential oils. *Trends Anal Chem*, DOI: 10.1016/j.trac.2014.10.007
8. Bayrak, A. 2006. *Gıda Aromaları*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:32, Ankara, Türkiye, 497 s.
9. Kawase KYF, Mothé CG, Furtado FA, Coelho VGL. 2013. Changes in essential oil of *Origanum Vulgare* L. Affected by different extraction methods, *IJRRAS*, 14 (2):238-247.
10. Rather MA, Dar BA, Shah WA, Prabhakar A, Bindu K, Banday JA, Qurishi MA, 2014. Comprehensive GC-FID, GC-MS and FT-IR spectroscopic analysis of the volatile aroma constituents of *Artemisia indica* and *Artemisia vestita* essential oils, *Arabian J Chem*, DOI: 10.1016/j.arabjc.2014.05.017

11. Ceylan A. 1983. *Tıbbi Bitkiler II*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını 481, Bornova, İzmir.
12. Morsy NFS, 2015. A short extraction time of high quality hydrodistilled cardamom (*Elettaria cardamomum* L. Maton) essential oil using ultrasound as a pretreatment, *Ind Crops Prod* 65: 287-292.
13. Gavahian M, Farahnaky A, Farhoosh R, Javidnia K, Shahidi F. 2015. Extraction of essential oils from *Mentha piperita* using advanced techniques: microwave versus ohmic assisted hydrodistillation, DOI: 10.1016/j.fbp.2015.01.003.
14. Cheng Z, Yang Y, Liu Y, Liu Z, Zhou H, Hu H. 2014. Two-steps extraction of essential oil, polysaccharides and biphenyl cyclooctene lignans from *Schisandra chinensis* Baill fruits, *J Pharm Biomed Anal* 96: 162-169.
15. Ruiz B, Flotats X. 2014. Citrus essential oils and their influence on the anaerobic digestion process, *Waste Manage* 34(11): 2063-2079.
16. Manika N, Chanotiya CS, Negi MPS, Bagchi GD. 2013. Copious shoots as a potential source for the production of essential oil in *Eucalyptus globulus* *Ind Crops Prod* 46: 80-84.
17. Bagheri H, Manap MYBA, Solati Z. 2014. Response surface methodology applied to supercritical carbon dioxide extraction of *Piper nigrum* L. essential oil, *LWT - Food Sci Technol* 57:149-155.
18. Bagheri H, Manap MYBA, Solati Z. 2014. Antioxidant activity of *Piper nigrum* L. essential oil extracted by supercritical CO extraction and hydro-distillation, *Talanta* 121:220-228.
19. Reza-Sepahvand R, Delfan B, Ghanbarzadeh S, Rashidipour M, Veiskarami GH, Yadegari JG. 2014. Chemical composition, antioxidant activity and antibacterial effect of essential oil of the aerial parts of *Salvia sclareoides*, *Asian Pac J Trop Med*, 7:491-496.
20. Moncada J, Tamayo JA, Cardona CA. 2014. Techno-economic and environmental assessment of essential oil extraction from *Citronella* (*Cymbopogon winteriana*) and Lemongrass (*Cymbopogon citratus*): A Colombian case to evaluate different extraction Technologies, *Ind Crops Prod* 54:175-184.
21. Mansour SA, El-Sharkawy AZ, Hamid NNA. 2015. Toxicity of essential plant oils, in comparison with conventional insecticides, against the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål), *Ind Crops Prod* 63: 92-99.
22. Kumar V, Mathela CS, Tewari G, Singh D, Tewari AK, Bisht KS. 2014. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from three Himalayan *Erigeron* species, *LWT - Food Sci Technol*. 56: 278-283.
23. Garmus TT, Paviani LC, Queiroga CL, Cabral FA. 2015. Extraction of phenolic compounds from pepper-rosmarin (*Lippia sidoides* Cham.) leaves by sequential extraction in fixed bed extractor using supercritical CO₂ ethanol and water as solvents, *J Supercrit Fluids* DOI: doi.org/doi:10.1016/j.supflu.2015.01.016.
24. Fernandes RVDB, Marques GR, Borges SV, Botrel DA. 2014. Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil, *Ind Crops Prod* 58:173-181.
25. Formisano C, Delfino S, Oliviero F, Tenore GC, Rigano D, Senatore F. 2015. Correlation among environmental factors, chemical composition and antioxidative properties of essential oil and extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) collected in Molise (South-central Italy), *Ind Crops Prod* 63:256-263.
26. Prakash B, Kedia A, Mishra PK, Dubey NK. 2015. Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities - Potentials and challenges, *Food Control* 47:381-391.
27. Kasrati A, Jamali CA, Fadli M, Bekkouche K, Hassani L, Wohlmuth H, Leach D, Abbad A. 2014. Antioxidative activity and synergistic effect of *Thymus satyroides* Coss. essential oils with cefixime against selected food-borne bacteria, *Ind Crops Prod* 61:338-344.
28. Munir A, Hensel O, Scheffler W, Hoedt H, Amjad W, Ghafoor A. 2014. Design, development and experimental results of a solar distillery for the essential oils extraction from medicinal and aromatic plants, *Sol Energy* 108:548-559.
29. Acar Ü, Kesbiç OS, Gültepe N, Türker A. 2015. Evaluation of the effects of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae*, *Aquaculture* 437: 282-286.
30. Örmeci-Kart MÇ, İkiz M, Demircan V. 2012. Türkiye'de Yağ Gülü (*Rosa damascena*) Üretimi ve Ticaretinin Gelişimi, *Süleyman Demirel Üniv Ziraat Fak Derg* 7(1): 124-134.

31. Kejlová K, Jrová D, Bendová H, Gajdos P, Kolárová H. 2010. Phototoxicity of essential oils intended for cosmetic use, *Toxicol In Vitro* 24: 2084-2089.
32. Tarek N, Hassan HM, AbdelGhani SMM, Radwan IA, Hammouda O, El-Gendy AO, 2014. Comparative chemical and antimicrobial study of nine essential oils obtained from medicinal plants growing in Egypt, *Beni Suef Univ J Basic and App Sci*, 3:149-156.
33. Zoubiri S, Baaliouamer A, Seba N, Chamouni N. 2014. Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil, *Arabian J Chem* 7: 480-485.
34. Starliper CE, Ketola HG, Noyes AD, Schill WB, Henson FG, Chalupnicki MA, Dittman DE, 2015. An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp., *J Adv Res*, 6: 89-97.
35. Haba E, Bouhdid S, Torregó-Solana N, Marqués AM, Espuny MJ, García-Celma MJ, Manresa A. 2014. Rhamnolipids as emulsifying agents for essential oil formulations: Antimicrobial effect against *Candida albicans* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Int J Pharm* 476: 134-141.
36. Roby MHH, Sarhan MA, Selim KAH, Khalel Kl. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), *Ind Crops Prod* 44:437-445.
37. Nezhadali A, Nabavi M, Rajabian M, Akbarpour M, Pournali P, Amini F. 2014. Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran, *Beni Suef Univ J Basic and Appl Sci* 3:87-92.
38. Hosni K, Hassen I, Chaâbane H, Jemli M, Dallali S, Sebei H, Casabianca H. 2013. Enzyme-assisted extraction of essential oils from thyme (*Thymus capitatus* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): Impact on yield, chemical composition and antimicrobial activity, *Ind Crops Prod* 47:291-299.
39. Asensio CM, Grosso NR, Juliani HR. 2015. Quality preservation of organic cottage cheese using oregano essential oils, *LWT - Food Sci Technol* 60: 664-671.
40. Bufalo J, Zheljzkov VD, Cantrell CL, Astatkie T, Ciampa L, Jeliázkova E. 2015. Diurnal effects on spearmint oil yields and composition, *Sci Hortic*, 182:73-76.
41. Golbeck JC, Nascimento JED, Jacob RG, Fiorentini AM, Silva WPD. 2014. Bioactivity of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus urograndis* against planktonic cells and biofilms of *Streptococcus mutans*, *Ind Crops Prod* 60:304-309.
42. Selvi MT, Thirugnanasampandan R, Sundarammal S. 2015. Antioxidant and cytotoxic activities of essential oil of *Ocimum canum* Sims. from India, *J Saudi Chem Soc*, 19:97-100.
43. Sahoo S, Parida R, Singh S, Padhy RN, Nayak S. 2014. Evaluation of yield, quality and antioxidant activity of essential oil of in vitro propagated *Kaempferia galanga* Linn, *J Acute Disease*, DOI: 10.1016/S2221-6189(14)60028-7, 124-130.
44. Aldana DS, Andrade-Ochoa S, Aguilar CN, Contreras-Esquivel JC, Nevárez-Moorillón GV. 2015. Antibacterial activity of pectic-based edible films incorporated with Mexican lime essential oil, *Food Control*, 50: 907-912.
45. Barreto HM, Filho ECS, Lima E. de O, Coutinho HDM, Morais-Braga MFB, Tavares CCA, Tintino SR, Rego JV, Abreu APL, Lustosa M. do CG, Oliveira RWG, Citó AMGL, Lopes JAD. 2014. Chemical composition and possible use as adjuvant of the antibiotic therapy of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L., *Ind Crops Prod*, 59: 290-294.
46. Falco DE, Roscigno G, Landolfi S, Scandolera E, Senatore F. 2014. Growth, essential oil characterization, and antimicrobial activity of three wild biotypes of oregano under cultivation condition in Southern Italy, *Ind Crops Prod*, 62:242-249.
47. Ulukanlı Z, Karabörklü S, Bozok F, Ates B, Erdogan S, Cenet M, Karaaslan MG. 2014. Chemical composition, antimicrobial, insecticidal, phytotoxic and antioxidant activities of Mediterranean *Pinus brutia* and *Pinus pinea* resin essential oils, *Chin J Nat Medic*, 12(12): 0901- 0910.
48. Mesomo MC, Corazza ML, Ndiaye PM, Santa ORD, Cardozo L, Scheer AP. 2013. Supercritical CO₂ extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale* R.): Chemical composition and antibacterial activity, *J Supercrit Fluid*, 80:44-49.
49. Ma T, Luo J, Tian C, Sun X, Quan M, Zheng C, Kang L, Zhan J. 2015. Influence of technical processing units on chemical composition and antimicrobial activity of carrot (*Daucus carota* L.) juice essential oil, *Food Chem*, 170:394-400.
50. Peng Y, Li Y. 2014. Combined effects of two kinds of essential oils on physical, mechanical and structural properties of chitosan films, *Food Hydrocolloid*, 36:287-293.

51. Lin Qi, Ting LT, Wei ZF, Guo N, Luo M, Wang W, Gang ZY, Jie FY, Peng X. 2014. Solvent-free microwave extraction of essential oil from pigeon pea leaves (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) and evaluation of its antimicrobial activity, *Ind Crops Prod*, 58: 322-328.
52. Coelho JP, Cristino AF, Matos PG, Rauter AP, Nobre BP, Mendes RL, Barroso CG, Mainar A, Urieta CS, Fareleira JMNA, Sovová H, Palavra AF. 2012. Extraction of Volatile Oil from Aromatic Plants with Supercritical Carbon Dioxide: Experiments and Modeling, *Molecul*, 17(9): 10550-10573.
53. Samaram S, Mirhosseini H, Tan CP, Ghazali HM, Bordbar S, Serjouie A. 2015. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of oil from papaya seed by response surface methodology: Oil recovery, radical scavenging antioxidant activity, and oxidation stability, *Food Chem*, 172: 7-17.
54. Fakir H, Erbaş S, Özen M, Dönmez İE. 2014. Hayıt (*Vitex agnus-castus* L.)' da Farklı Toplama Zamanlarının Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenleri Üzerine Etkisi, *Eur J Sci Technol*, 1(2): 25-28.
55. Sintim HY, Burkhardt A, Gawde A, Cantrell CL, Astatkie T, Obour AE, Zheljazkov VD, Schlegel V. 2015. Hydrodistillation time affects dill seed essential oil yield, composition, and bioactivity, *Ind Crops Prod*, 63:190-196.
56. Florido PM, Andrade IMG, Capellini MC, Carvalho FH, Aracava KK, Koshima CC, Rodrigues CEC, Gonçalves CB. 2014. Viscosities and densities of systems involved in the deterpenation of essential oils by liquid-liquid extraction: New UNIFAC-VISCO parameters, *J. Chem Thermo*, 72:152-160.
57. Stanojevic LP, Radulovic NS, Djokic TM, Stankovic BM, Ilic DP, Cakic MD, Nikolic VD. 2014. The yield, composition and hydrodistillation kinetics of the essential oil of dill seeds (*Anethum fructus*) obtained by different hydrodistillation techniques, *Ind Crops Prod*, DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.10.067
58. Kiralan M, Özkan G, Bayrak A, Ramadan M. F. 2014. Physicochemical properties and stability of black cumin (*Nigella sativa*) seed oil as affected by different extraction methods, *Ind Crops Prod*, 57:52-58.
59. Milic S, Lepojevic Z, Adamovic D, Mujic I, Zekovic Z. 2006. Comparison of Mentha Extracts Obtained by Different Extraction Methods, *APTEFF*, 37:145-154.
60. Gavahian M, Farahnaky A, Javidnia K, Majzoubi M. 2012. Comparison of ohmic-assisted hydrodistillation with traditional hydrodistillation for the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L., *Innov Food Sci Emerg Technol*, 14: 85-91.
61. Zougali BB, Ferhat MA, Hassani A, Chemat F, Allaf KS. 2012. Comparative Study of Essential Oils Extracted from Algerian *Myrtus communis* L. Leaves Using Microwaves and Hydrodistillation, *Int J Mol Sci*, 13: 4673-4695.
62. Zhao S, Zhang D. 2014. Supercritical CO₂ extraction of Eucalyptus leaves oil and comparison with Soxhlet extraction and hydro-distillation methods, *Sep Puri Technol*, 133:443-451.
63. Issartier SP, Ginies C, Cravotto G, Chemat F. 2013. A comparison of essential oils obtained from lavender via different extraction processes: Ultrasound, microwave, turbohydrodistillation, steam and hydrodistillation, *J Chromatogr A*, 1305: 41-47.
64. Allaf T, Tomao V, Ruiz K, Chemat F. 2013. Instant controlled pressure drop technology and ultrasound assisted extraction for sequential extraction of essential oil and antioxidants, *Ultrason Sonochem*, 20: 239-246.
65. Lopresto CG, Petrillo F, Casazza AA, Aliakbarian B, Perego P, Calabr V. 2014. A non-conventional method to extract D-limonene from waste lemon peels and comparison with traditional Soxhlet extraction, *Sep Puri Technol*, 137:13-20.
66. Filly A, Fernandez X, Minuti M, Visinoni F, Cravotto G. 2014. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: From laboratory to pilot and industrial scale, *Food Chem*, 150:193-198.
67. Samaram S, Mirhosseini H, Tan CP, Ghazali HM. 2014. Ultrasound-assisted extraction and solvent extraction of papaya seed oil: Crystallization and thermal behavior, saturation degree, color and oxidative stability, *Ind Crops Prod*, 52:702-708.
68. Petrakis AE, Kimbaris AC, Perdakis DC, Lykouressis DP, Tarantilis PA, Polissiou MG. 2014. Responses of *Myzus persicae* to three Lamiaceae essential oils obtained by microwave-assisted and conventional hydrodistillation, *Ind Crops Prod*, 62:272-279.
69. Boukroufa M, Boutekedjiret C, Petigny L, Rakotomanomana N. 2014. Bio-refinery of orange peels waste: A new concept based on integrated green and solvent free extraction processes using ultrasound and microwave techniques to obtain essential oil, polyphenols and pectin, *Ultrason Sonochem*, 24:72-79.

GIDA



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.

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.

GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ YAYINLARI

01	Anon 1978. Türkiye 1. Gıda Kongresi. 25-27 Nisan 1978, Ankara
02	Anon 1981. Türkiye 2. Gıda Kongresi. 15-17 Nisan 1980, Ankara. San Matbaası, Ankara, 208 s.
03	Aydın M. 1981. Ambalaj ve Gıda. San Matbaası, Ankara, 44 s.
04	Anon 1982. Türkiye 3. Gıda Kongresi. 14-16 Nisan 1982, Ankara. San Matbaası, Ankara, 337 s.
05	Anon 1984. Türkiye 4. Gıda Kongresi. 17-19 Nisan 1984, Ankara. San Matbaası, Ankara, 307 s.
06	Cemeroğlu B, Acar J. 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Sanem Matbaacılık, Ankara, 512 s.
07	Gürgün V, Halkman AK. 1988. Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri. San Matbaası, Ankara, (2. baskı: 1990, Basım Grafik, Ankara) 146 s.
08	Anon 1988. Türkiye 5. Gıda Kongresi. 16-18 Nisan 1986, Ankara. San Matbaası, Ankara, 205 s.
09	Ekşi A. 1988. Meyve Suyu Durultma Tekniği. San Matbaası, Ankara, 127 s.
10	Anon 1990. Türkiye 6. Gıda Kongresi. 18-20 Ekim 1988, Ankara. San Matbaası, Ankara, 192 s.
11	Cemeroğlu B, Erbaş S. 1989. Ultrafiltrasyon. 22 s.
12	Cemeroğlu B. 1990. Meyve Suyu ve İçecek Üretiminde Aseptik Ambalaj Tekniği. 42 s.
13	Halkman AK. 1991. Gıda Dergisi 15 Yılın İndeksi 1976-1990. San Matbaası, Ankara, 30 s.
14	Özkaya H, Kahveci B. 1990. Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. San Matbaası, Ankara, (2. baskı: 2005) 152 s.
15	Akgül A. 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Damla Matbaacılık, Konya, 451 s.
16	Artık N, Ekşi A. 1993. Gıdalarda Pestisit Kalıntıları ve Limitleri. 22 s.
17	Varlık C, Uğur M, Gökoğlu N, Gün H. 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. İstanbul, 174 s.
18	Karadeniz F, Ekşi A. 1993. Konserveler Kutusunda Korozyon Olayı ve Sülfür Kararması. 16 s.
19	Gürsel A, Avşar YK, Koçak C. 1994. Peynir Mayasıyla Oluşan Pıhtılarda Sinerez. 29 s.
20	Koçak C, Aydemir S. 1994. Süt Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri. 46 s.
21	Halkman AK, Doğan HB, Noveir MR. 1994. Gıda Maddelerinde <i>Salmonella</i> ile <i>E. coli</i> Aranma ve Sayılma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Armoni Matbaacılık, Ankara, 93 s.
22	Canbaş A. 1995. Ekmek Mayacılığı. Ankara, 44 s.
23	Hayoğlu AA, Erginkaya Z. 2001. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Laktik Asit Bakterileri. 26 s.
24	Cemeroğlu B, Yemencioğlu A, Özkan M. 2001. Meyve ve Sebzelerin Soğukta Depolanması. 328 s.
25	Cemeroğlu B, Karadeniz F. 2001. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. 384 s.
26	Akçelik M, Tükel Ç. 2001. Laktokoklarda Plazmid Replikasyonu. 18 s.
27	Coşansu S, Ayhan K. 2002. Fermente Ürünler ve Mikrobiyolojik Bozulmaları. 33 s.
28	Cemeroğlu B, Karadeniz F, Özkan M. 2003. Meyve ve Sebze Üretim Teknolojisi. 800 s.
29	Cemeroğlu B, Soyer A. 2010. Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler. Bizim Grup Basımevi, Ankara. 600 s.
30	Özkaya H, Özkan B. 2005. Öğütme Teknolojisi. Sim Matbaası, Ankara.
31	Coşkun H. 2005. Otlı Peynir. Bizim Büro, Ankara, 58 s.
32	Bayrak A. 2006. Gıda Aromaları. Baran Ofset 497 s.
33	Anon 2006. Türkiye 9. Gıda Kongresi. 24-26 Mayıs 2006. Sim Matbaası, Ankara. 1012 s.
34	Cemeroğlu B. 2010. Gıda Analizleri 2. baskı, Bizim Grup Basımevi, Ankara. 657 s.
35	Özünlü BT, Koçak C, Aydemir S. 2007. Ayrın Stabilitesini Etkileyen Faktörler. 43 s.
36	Çakmakçı ML, Karahan AG, Çakır İ. 2008. Mikrobiyoloji, Bizim Büro Basımevi, Ankara 227 s.
37	Anon 2008. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs 2008. Kariyer Matbaacılık Ltd. Şt. Ankara. 1172 s.
38	Cemeroğlu B. 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cilt I. 3. baskı, Bizim Grup Basımevi, Ankara. 707 s.
39	Cemeroğlu B. 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt II. 3. baskı, Bizim Grup Basımevi, Ankara. 636 s.
40	Demirci M. 2010. Gıda Kimyası (Yenilenmiş 5. Baskı). Tekirdağ, 291 s.
41	Anonymous, 2010. 1st International Congress on Food Technology, Abstract Book. Eds: A. K. Halkman, B. M. Taban, H. B. D. Halkman, H. Erinc, O. E. Sagdas. Gokce Ofset Matbaacılık Ankara, Turkey. 553 pp.
42	Özkan M, Cemeroğlu B, Toklucu AK. 2010. Gıda Mühendisliğinde Reaksiyon Kinetiği. Bizim Grup Basımevi, Ankara. 174 s.
43	Özkan M, Cemeroğlu B, Türkyılmaz M. 2011. Gıda Mühendisliğinde Kütle ve Enerji Denklikleri. Bizim Grup Basımevi, Ankara. 251 s.
44	Demirci M. 2011. Beslenme (Yenilenmiş 5. Baskı). 370 s. Onur Grafik, İstanbul
45	Anon 2012. Türkiye 11. Gıda Kongresi. 2012. Sim Matbaası Ltd. Şt. Ankara 604 s.
46	Ağaoğlu B 2013. Yoğurt Kaynakçası. Sim Matbaası Ltd. Şt. Ankara 50 s.
47	Anonymous, 2014. 2nd International Congress on Food Technology, Abstract Book. Eds: A. K. Halkman, B. M. Taban, Fatma Güler, Hilal Selamoğlu. Sim Matbaacılık Ltd Ankara, Turkey. 553 pp.

* işaretli yayınların mevcudu kalmamıştır.

Kitap isteme adresi: gida@gidaderneqi.org

GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ TÜZÜĞÜ

MADDE 1: Derneğin adı, "Gıda Teknolojisi Derneği"dir. Şubesi açılmayacaktır. Derneğin merkezi: Ankara'dır.

MADDE 2: Derneğin Amaç ve Görevi: Derneğin amacı; Gıda Bilimi, Gıda Teknolojisi, Gıda Mühendisliği, Gıda Sanayisi, Gıda Güvenliği vb. gıda ile ilgili bütün konuları incelemek ve değerlendirmektir. Bu amaca uygun yayınlar yapar, seminerler, konferanslar, kurslar, yarışmalar, sergi ve geziler düzenler, ilgili ulusal ve uluslararası kuruluşlar ile birlikte çalışır. Dernek, kâr amacı gütmeyiz.

MADDE 3: Üyeler: Derneğin, iki çeşit üyesi vardır: a) Asıl üyeler b) Onursal Üyeler.

T.C. Dernekler Kanunu'na göre bir dernekte üye olmak hakkına sahip ve aşağıdaki koşullara uygun olan kişiler bu derneğe üye olabilir.

a) Asıl Üyelik Koşulları:

- 1) Üniversitelerin, gıda ile ilgili eğitim yapan her hangi bir bölümünden/ programından mezun olmuş olmak,
- 2) Birinci koşulda belirtilen yerlerde uzmanlık, yüksek lisans, doktora ve doktora üstü unvanlar kazanmış olmak, öğretim üyesi veya yardımcısı olarak çalışmış ya da çalışıyor olmak,

b) Onursal Üyelik Koşulları:

Asıl üyelik koşullarına uygun yabancı uyruklulara ve/veya dernek amacına uygun olarak kamu ya da özel sektörde çalışmalar yapanlara Yönetim Kurulu kararı ile "Onursal Üyelik" verilebilir.

MADDE 4: Derneğe üyelik için bireysel başvuru yeterlidir. Üyelik başvurusu, Yönetim Kurulu tarafından görüşülür ve en geç 30 gün içinde karara bağlanır.

MADDE 5: Ödenti ve Üyeliliğin Sona Ermesi:

Derneğe üye olmak için giriş ödentisi 10 TL, yıllık üye ödentisi ise 10 TL'dir. Ödenti miktarları genel kurul kararı ile değiştirilebilir. Üyeliliğin sona ermesi aşağıdaki koşullarda gerçekleşir:

Kendiliğinden: Üyelik için kanunda ve tüzükte aranan nitelikleri sonradan kaybedenlerin Dernek üyeliği kendiliğinden sona erer.

Çıkma ile: Hiç kimse Dernekte üye kalmaya zorlanamaz. Her üye yazılı olarak bildirmek kaydıyla, Dernekten çıkma hakkına sahiptir.

Üyenin istifa dilekçesi yönetim kuruluna ulaştığı anda çıkış işlemleri sonuçlanmış sayılır. Üyelikten ayrılma, üyenin Derneğe olan birikmiş borçlarını sona erdirmeyiz.

Çıkarılma ile: Dernek üyeliğinden çıkarılma sebepleri aşağıda gösterilmiştir:

- a) Dernek tüzüğüne aykırı davranışlarda bulunmak,
- b) Verilen görevlerden sürekli kaçınmak,
- c) Yazılı uyarıya gerek kalmadan, yıllık üyelik ödentisini üst üste 3 yıl ödememek,
- d) Dernek organlarıncı verilen kararlara uymamak,
- e) Yüz kızartıcı bir suçtan hüküm giymiş olmak.

Yukarıda sayılan durumlardan herhangi birinin tespiti halinde üye, Yönetim Kurulu kararı ile üyelikten çıkarılabilir.

MADDE 6: Derneğin organları şunlardır:

- a) Genel Kurul
- b) Yönetim Kurulu
- c) Denetleme Kurulu

MADDE 7: Genel Kurul, her 3 yılda 1 olmak üzere Mayıs ayında Yönetim Kurulunun davetiyle olağan toplantısını yapar.

Yönetim Kurulu, Dernek Tüzüğüne göre Genel Kurula katılma hakkı bulunan üyelerin listesini düzenler. Genel Kurula katılma hakkı bulunan üyeler, en az 15 gün önceden, günü, saati, yeri ve gündemi bir gazetede ilan edilmek veya yazılı ya da elektronik posta ile bildirilmek suretiyle toplantıya çağılır. Genel Kurul çağrısı, Derneğin web sayfasında da duyurulur. Bu çağrıda, çoğunluk sağlanamaması nedeniyle toplantı yapılamazsa, ikinci toplantının hangi gün, saat ve yerde yapılacağı da belirtilir. İlk toplantı ile ikinci toplantı arasındaki süre 7 günden az, 60 günden fazla olamaz.

Toplantı, çoğunluk sağlanamaması sebebinin dışında başka bir nedenle geri bırakılırsa, bu durum, geri bırakma sebepleri de belirtilmek suretiyle, ilk toplantı için yapılan çağrı usulüne uygun olarak üyelere duyurulur. İkinci toplantının geri bırakma tarihinden itibaren en geç altı ay içinde yapılması zorunludur. Üyeler, ikinci toplantıya yukarıdaki paragrafta belirtilen esaslara göre yeniden çağılır.

MADDE 8: Genel Kurulun görev ve yetkileri şunlardır:

- a) Önceki Yönetim ve Denetleme Kurullarının raporlarını, hesaplarını, yeni dönem bütçe öngörüsünü inceleyerek bunları bir bütün olarak kabul veya reddetmek,
- b) Yeni dönem Yönetim ve Denetleme Kurullarının üyelerini seçmek,
- c) Dernek Tüzüğünü değiştirmek,
- d) Derneğin feshini ve tasfiyesini kararlaştırmak.

MADDE 9: Genel Kurul:

- a) Asıl üyelerin en az 1/5'inin,
- b) Yönetim Kurulunun ve
- c) Denetçilerin istek ve davetleri ile olağanüstü toplantıya çağırılır.

MADDE 10: Genel Kurul, üyelerinin yarıdan bir fazlası ile toplanır ve kararları, katılan üyelerin yarıdan bir fazlası ile verir. Ancak ilk toplantıda gereken bu çoğunluk sağlanamazsa, ikinci toplantıya katılan üye sayısı, Dernek Yönetim ve Denetleme Kurulları üye tam sayıları toplamının iki katından az olamaz. 8. Maddenin c ve d fıkralarına ilişkin bir karar için ilk toplantıda üyelerin üçte ikisinin mevcudiyeti ve kararın, Dernek toplam üye sayısının üçte ikisi ile alınması şarttır. Ancak ilk toplantıda gereken bu çoğunluk sağlanamazsa, ikinci toplantıda katılan üye sayısının üçte ikisinin kararı gerekir.

Genel Kurul, bir Başkan, bir Başkan Yardımcısı ve bir Yazman seçerek çalışmalarına başlar.

MADDE 11: Genel Kurul, Yönetim Kurulu için 7 asıl ve 7 yedek, Denetleme Kurulu için 3 asıl ve 3 yedek üye seçer. Seçimler gizli oy, açık tasnif ile yapılır.

MADDE 12: Genel Kurul, aldığı kararları, Dernek internet sayfasında duyurur.

MADDE 13: Yönetim Kurulu görev paylaşımı şöyledir:

Başkan: Yönetim Kuruluna başkanlık eder, görevlerin yürütülmesini sağlar ve Derneğin yetkili tek temsilcisidir.

II. Başkan: Başkanın yardımcısıdır ve yokluğunda onu temsil eder.
Sekreter: Üyelerle ilişkileri ve yazışmaları düzenler, yasalarca tutulması gereken defterleri tutar.
Eğitim ve Tanıtma Yönetmeni: Seminer, kurs ve konferanslar gibi çalışmalarını düzenler.
Sayman: Derneğin bütçesi ve ödentileriyle ilgilenir, gelir-gider defterlerini tutar.
Yayın Yönetmeni: Derneğin yayın organının çıkarılması işlerini düzenler.
Dış İlişkiler Temsilcisi: Derneğin uluslararası kuruluşlarla ilgili çalışmalarını düzenler.

MADDE 14: Yönetim Kurulunun Görev ve Yetkileri şunlardır:

- Derneğin bütçesini Genel Kurula sunmak üzere hazırlamak ve harcamalarını Genel Kurulca onaylanmış bütçeye göre yapmak,
- Dernek amaçlarını gerçekleştirecek çalışmalar yapmak.

MADDE 15: Yönetim Kurulu, yılda en az iki defa olmak üzere Yönetim Kurulu Başkanı tarafından toplanır ve kararlar oy çokluğuyla alınır.

MADDE 16: Özürsüz olarak üst üste üç defa Yönetim Kurulu toplantısına katılmayan üyenin, Yönetim Kurulu üyeliği düşer ve yerine sıradaki yedek üye alınır.

MADDE 17: Dernek Denetleme Kurulunun Görev ve Yetkileri şunlardır:

- Denetleme Kurulu, Derneğin iç denetiminden sorumludur.
- Derneğin hesaplarını ve buna ilişkin bütün işlemlerini yılda en az 1 kez denetime tabi tutarak düzenleyeceği raporun bir kopyasını dosyasında saklamak, bir diğerini ise bilgi edinilmesi için imza karşılığında Yönetim Kuruluna vermek,
- Derneğin hesap işleri ile Yönetim Kurulunun hazırladığı bütçe hakkındaki raporu Genel Kurula sunmak üzere hazırlamak.

MADDE 18: Derneğin Gelirleri:

- Asil üyelerin ödentileri,
- Derneğin yayınlanmasını sağlayacağı yayınlardan ve derneğin aracılık edeceği, tüzüğe uygun başka işlerden elde edeceği kazançlar,
- Dernek yayınlarından ve kongre vb. diğer çalışmalardan elde edilecek gelirler,
- Gerçek ve tüzel kişilerin yapacakları bağış ve yardımlar.

MADDE 19: Yönetim Kurulu, Dernekler Yönetmeliğinin 32. Maddesinde belirtilen yasal defterleri tutar.

MADDE 20: Derneğin Borçlanma Usulleri: Dernek, amacını gerçekleştirmek ve faaliyetlerini yürütmek için hiçbir koşulda borçlanma yapamaz.

MADDE 21: Derneğin feshi halinde bütün mallar ve paranın nereye kalacağına Tasfiye Kurulu karar verir.

MADDE 22: Tüzük boşlukları ve ihtilaflar halinde Dernekler Kanununun ve Dernekler Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uygulanır.

MADDE 23: Derneğin Kurucu Heyeti aşağıdaki T.C. vatandaşlarından oluşmuştur: Adı ve Soyadı; Mesleği ve İş Adresi; İkametgâh Adresi; Doğum Yeri ve Yılı

- 1) Arif Akman; Prof. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Hemşeri sok. 37 Gaziosmanpasa-Ankara; Elazığ 1903
- 2) Turgut Yazıcıoğlu; Prof. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Tunus Cad. 89/12 Kavaklıdere-Ankara; İstanbul 1912
- 3) M. Hilmi Pamir; Prof. Dr.; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Bardacık sok. 96/6 Küçüksat-Ankara; Kastamonu 1924
- 4) İsmet Türker; Prof. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Bestekâr sok. 62/13 Kavaklıdere-Ankara; İstanbul 1924
- 5) Ömer Gürses; Asist. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Ataç sok. 65/2 Yenisehir-Ankara; Ankara 1943
- 6) R. Kemal Gökçe; Prof. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; K.Sami paşa Cad. 11 Subayevleri-Ankara ; Erzincan 1913
- 7) Zühtü Yöney; Prof. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Ataç Sok. 33/15 Yenisehir-Ankara; Çorum 1920
- 8) Tunay Durgun; Asist. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; 31. Sok. 26/5 Bahçelievler-Ankara; Alpullu 1945
- 9) Mustafa Metin; Doç. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Meşrutiyet Cad. 29/17 Yenisehir-Ankara; Nizip 1940
- 10) Işıl Fidan; Doç. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Ziraat Mah. İrfan Baştuğ Cad. 26/2 Dışkapı-Ankara; Ordu 1938
- 11) Muazzez Eralp; Prof. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Yeşiltepe Koop. 7/41; Emek-Ankara; Konya 1913
- 12) Nesrin Kaptan; Doç. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Sümer sok. 34/15 Demirtepe-Ankara; Elazığ 1933
- 13) Mustafa Üçüncü; Asist. Dr; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; İlk sok. 11/6 Ziraat mah. Dışkapı-Ankara; Taşköprü 1945
- 14) Mehmet Aydın; Tarım Bak. Gıda İşleri Genel Müdürü; Güven sok. 28/7; Aşağı Ayrancı-Ankara; Samsun 1928
- 15) Lütfü Çakmakçı; Asist. Mütahassis; Ank. Üniv. Ziraat Fak.; Tarsus sok. Mutlu Ap. 10 Bankaevleri-Ankara; Muğla 1947

**Gıda Teknolojisi Derneği Tüzük Değişikliğini Hazırlayan 21. Dönem
ve Onaylayan 22. Dönem Yönetim Kurulu Üyeleri**

Adı, Soyadı	21. Dönem Görevi	22. Dönem Görevi	İMZA
Prof. Dr. Abdulkadir Halkman	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Prof. Dr. Celalettin Koçak	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Prof. Dr. Atilla Yetişemiyen	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Prof. Dr. Ender S. Poyrazoğlu	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Yrd. Doç. Dr. İbrahim Çakır	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Yrd. Doç. Dr. Birce Taban	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Araş. Gör. Onur Ketenoglu	-- --	Yönetim Kurulu Asil Üye	
Araş. Gör. İlker T. Akoğlu	Yönetim Kurulu Asil Üye	Yönetim Kurulu Yedek Üye	
Prof. Dr. Aziz Tekin	Yönetim Kurulu Asil Üye	Denetleme Kurulu Asil Üye	