

FARKLI ISITMA TEKNİKLERİNİN FINDIK VE KANOLA YAĞININ STEROL BİLEŞİMİNE ETKİSİ

Aslı Yorulmaz*, Mehmet Koç, Cavit Bircan

Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın

Geliş tarihi / Received: 12.08.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 12.09.2016

Kabul tarihi / Accepted: 26.09.2016

Özet

Çalışmanın amacı farklı ısıtma tekniklerinin fındık ve kanola yağlarının sterol bileşimine etkisini belirlemektir. Bu amaçla, 50 ml rafine fındık ve rafine kanola yağı mikrodalga fırında 650 W güçte 1, 3, 5 ve 10 dk bekletilmiş; ısıtma sonunda yağ örneklerinin sıcaklıkları ölçülerek konveksiyonel ve hibrid fırında da aynı sıcaklığa (69.5, 129.4, 173.5 ve 238.0 °C) ulaşmayı sağlayan ısıtma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yağ örnekleri sterol miktar ve kompozisyonu açısından değerlendirilmiştir. Bulgular hibrit fırının ısıtma hızının yüksek sıcaklıklarda diğer fırınlara kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. Fındık yağının temel sterolleri β -sitosterol, kampesterol ve sitostanol olup ve toplam sterol içeriği 683.69-1544.09 mg/kg arasında değişmiştir. Tüm ısıtma yöntemlerinde sıcaklık artışı ile fındık yağının sterol içeriğinde genel olarak bir azalma meydana gelmiştir. Kanola yağı, β -sitosterol ve kampesterol yanında yağa özgü olarak yüksek oranlarda brassikasterol içermektedir. Kanola yağı örneklerinin toplam sterol içeriği 6088.28-9532.72 mg/kg arasında değişmiş ve ısıtma işlemleri yağda sterol kaybına yol açmamıştır.

Anahtar kelimeler: Fındık yağı, konveksiyon, mikrodalga, kanola yağı, sterol

EFFECT OF VARIOUS HEATING TECHNIQUES ON STEROL COMPOSITION OF HAZELNUT AND CANOLA OILS

Abstract

The aim of the work was to determine effect of various heating techniques on sterol composition of hazelnut and canola oil. For this purpose; 50 ml of refined hazelnut and canola oil samples were kept in microwave oven at 650 W power for 1, 3, 5 and 10 minutes; the temperature of the oil samples were calculated at the end of heating; and the heating process were performed at convectional and hybrid ovens until the attained temperatures (69.5, 129.4, 173.5 ve 238.0 °C) were reached. The obtained oil samples were evaluated for their sterol content and composition. Findings revealed that the heating speed of hybrid oven was lower at higher temperatures when compared to other ovens. The main sterols of hazelnut oil were β -sitosterol, campesterol and sitostanol and the total sterol content varied between 683.69-1544.09 mg/kg. The sterol content of hazelnut oil generally decreased by the increase in temperature for all types of heating methods. Canola oil, contains brassicasterol in high ratios unique to the oil, besides, β -sitosterol and campesterol. Total sterol content of canola oil varied between 6088.28-9532.72 mg/kg and heating procedure didn't cause a sterol loss in the oil.

Key words: Hazelnut oil, convection, microwave, canola oil, sterol

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ asliyorulmaz@adu.edu.tr,

☎ (+90) 256 213 75 03,

☎ (+90) 256 213 66 86

GİRİŞ

Mikrodalga fırınların kullanımı son yıllarda hem endüstriyel mutfaklarda, hem gıda sektörünün farklı kollarında hem de evlerde rahatlığı ve hızlı sonuç alınabilmesi sebepleriyle oldukça yaygınlaşmıştır. Gıda endüstrisinde mikrodalga teknolojisi pişirme, buz çözme, temperleme, kurutma, dondurarak kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon, fırında pişirme ve ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadır (1). Gıda sektöründe mikrodalga kullanımının gıda bileşenlerine etkisini inceleyen çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bitkisel ve hayvansal yağları oluşturan bileşenlere mikrodalga kullanımının etkisi pek çok çalışmaya konu olmuştur (2-4). Farklı sürelerde farklı dalga boylarındaki mikrodalga ısıtma işlemine tabi tutulmuş yağlarda serbest radikal oluşumu gözlenmiş ve bu serbest radikallerin atmosferik oksijenle reaksiyona girerek hidroperoksitleri ve ikincil oksidasyon ürünlerini oluşturduğu ortaya konmuştur (5-8). Ayrıca mikrodalgayla ısıtılmış yağlarda hidroliz reaksiyonunun bir sonucu olarak serbest yağ asitliği artmış (5-7), tokoferol içeriği düşmüş (2, 5, 7), yoğunluk ve vizkozite artmıştır (9). Mikrodalga fırınlar gıda sektöründe, endüstriyel mutfaklarda ve ev mutfaklarında geleneksel fırınlara (doğal ve zorlamalı konveksiyonlu fırın) alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Albi ve ark.(9) yaptıkları çalışmada sızma zeytinyağı, riviera zeytinyağı, ayçiçek yağı, yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağı ve domuz yağını hem mikrodalga hem de geleneksel konveksiyonel fırında ısıtmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar mikrodalgada ısıtılmış yağların K_{232} , K_{270} , yoğunluk, vizkozite, skualen, *trans* izomer içeriklerinin ve değerlerinin konveksiyonel fırınla ısıtılmış olanlara kıyasla daha kötü olduğunu göstermiştir. Ancak sterol kompozisyonunun ve içeriğinin her iki ısıtma şeklinde de istatistiki olarak değişmediğini ortaya koymuşlardır. Caponio ve ark. (10) yaptıkları çalışmada riviera zeytinyağını hem mikrodalga hem de konveksiyonel fırında ısıtmışlar ve mikrodalga uygulamasının daha yüksek polar madde, trigliserit oligopolimer ve okside trigliserit oluşumuna yol açtığını tespit etmişlerdir. Uquiche ve ark. (11) yaptıkları çalışmada 400 ve 600 W gücündeki mikrodalga fırında fındık örneklerini 120, 180 ve 240 saniye bekletmişler, ve elde ettikleri fındık örneklerinden yağ ekstrakte etmişlerdir. Sonuçlar, mikrodalga

uygulamanın ekstraksiyon verimini artırdığını, yağ oksidatif stabilite ve kalitesine olumlu etkilerde bulunduğunu ortaya koymuştur. Azadmard-Damirchi ve ark (12), kolza tohumlarıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, tohumları 2 ve 4 dakika boyunca mikrodalga fırında bekletmişler ve elde ettikleri tohumlardan presleme yoluyla yağ ekstrakte etmişlerdir. Sonuçlar, mikrodalga uygulamanın yağ ekstraksiyon verimini % 10, fitosterol içeriğini % 15 ve tokoferol içeriğini % 55 oranında artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde mikrodalga uygulama yağ oksidatif stabilitesini de oldukça yüksek oranda artırmıştır. Tan ve ark. (13) mısır ve soya yağı kullanarak yaptıkları çalışmalarında, mikrodalga ısıtmanın yağların termal ve kimyasal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Kalorimetre kurvesinden elde edilen veriler ile kimyasal parametreler (Peroksit ve anisidin değerleri, serbest yağ asitliği, iyot sayısı, C18:2/C16:0) arasında yüksek korelasyon tespit edilmiştir. Hassanein ve ark. (14) ayçiçeği, soya, yerfıstığı, soya:yerfıstığı (1:1) yağlarını mikrodalgada 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15 ve 18 dk bekletmişler; elde ettikleri yağlarda peroksit değeri ile serbest asit içeriğinin arttığını; toplam tokoferol ve çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin düştüğünü bildirmişlerdir. Vieira ve Regitano-D'arce (15) mikrodalga uygulamanın kanola, mısır ve soya yağlarının oksidatif stabilitesine etkilerini incelemişler; K_{232} ve K_{270} değerlerinin ve asit değerinin ısıtma süresi (0-36 dk) uzadıkça arttığını, peroksit değerinin ise azaldığını bildirmişlerdir. Dostálová ve ark (16) domuz yağı, ayçiçek, kanola, yer fıstığı, yüksek oleik içerikli yer fıstığı yağlarını mikrodalgada 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25 ve 40 dk bekletmişler, ve elde ettikleri ısıtılmış yağları oksidatif stabiliteyi açısından incelemişlerdir. Bulgular, ayçiçek yağının yüksek çoklu doymamış asit ve düşük γ -tokoferol içeriği sebebiyle en az dayanıklı yağ olduğunu; kanola yağının da yüksek γ -tokoferol ve düşük çoklu doymamış yağ asidi içeriği sebebiyle daha dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır.

Günümüzde mikrodalga fırınlara ve konveksiyonel fırınlara ek olarak gıdaların besin değerini arttırmak, fırında pişirme sırasında oluşan kanserojen maddelerin (heterosiklik aminler, akrilamid vb.) oluşumunu azaltmak amacıyla alternatif pişirme tekniklerine (radyo dalgalarıyla, ohmik, mikrodalga, infrared yayılım, halojen

lamba, buharlı) sahip fırınlar geliştirilmektedir. Tek ısı iletim mekanizmasına sahip fırınlarda pişirilen ürünlerde bazı kalite problemlerinin oluşmasından kaynaklı olarak birkaç farklı ısı iletim mekanizmasını bir arada barındıran fırınlar yeni "hibrid" (kombi) fırınlar geliştirilmiştir. Hibrid fırınlar mikrodalga-infrared, konveksiyon-mikrodalga, mikrodalga-halojen lamba gibi farklı ısı transfer mekanizmalarının ikili ya da çoklu kombinasyonunu içerebilmektedir. Hibrid fırınların son 25 yılda kullanımındaki artışa paralel olarak, bu fırınların gıda bileşenlerine etkisini inceleyen araştırma sayısı da artış göstermiştir (17).

Bitkisel steroller (fitosteroller), yapısal olarak kolesterole benzeyen bileşikler olup, desmetilsteroller steroid alkoller grubuna girmekte ve bakteriler dışında tüm canlı organizmalarda bulunmaktadır (18, 19). 4-desmetil steroller yaygın olarak bulunmakta, 4-metil steroller ve 4,4-dimetil steroller ise birçok bitkisel kaynaktan genellikle minör bileşikler olarak yer almaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar, fitosterollerin kolesterol düzeyini düşürücü etkiye sahip olduklarını; β -sitosterolün yağların sindirimi sırasında karışımındaki kolesterolün bağırsaklardaki emilimini önlediğini ortaya koymuştur (20). Fitosterollerin ayrıca antiinflamatuvar, antibakteriyel, antifungal, antiülseratif ve antitümör aktivitelere sahip olduğu da bilinmektedir (21-24). Steroller aynı zamanda bitkisel sıvı yağlarda saflık kontrolünde kullanılan bileşiklerdir. Sterol miktar ve bileşen analizi ekonomik değeri yüksek yağlara daha ucuz yağlarla yapılan tağışların belirlenmesinde kullanılan önemli bir analizdir.

Çalışmanın amacı farklı ısıtma tekniklerinin (mikrodalga, zorlamalı ve doğal konveksiyon, hibrit) fındık ve kanola yağlarının sterol bileşimine etkisini incelemektir. Çalışma, hibrit fırınlarda gerçekleştirilen ısıtma işleminin yağ minör bileşenlerinden sterollere etkisinin incelenmesi açısından ilk olma niteliği taşımaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada farklı sterol içerik ve bileşimine sahip fındık ve kanola yağları kullanılmıştır. Yağ örnekleri mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Konveksiyonel fırında hem zorlamalı hem de

doğal konveksiyon uygulanmış ve toplamda 4 farklı şekilde yağ örnekleri ısıtılmıştır. Her mikrodalga ısıtma işleminde kahverengi şişelerde 50 ml yağ, mikrodalga fırında (Whirlpool, AT 325, 22 L hacim, 650 W, 2450 Hz) 1, 3, 5 ve 10 dk bekletilmiş, ısıtma sonunda ulaşılan sıcaklıklar sıcaklık veri kayıt cihazı (Testo 176 T4) vasıtasıyla tespit edilmiştir. Örnek başlangıç sıcaklığı 25 °C'dir. Mikrodalga fırında 1, 3, 5 ve 10 dakikalık ısıtma işlemleri sonunda ulaşılan sıcaklıklar sırasıyla 69.5, 129.4, 173.5 ve 238.0 °C'dir. Yağ örnekleri konveksiyonel (Arçelik MF44-EI, 44 L hacim, 1200 W, 50 Hz) ve hibrit fırınlarda (Acura AC1888, 11 L hacim, 1300 W, 50 Hz) da 25 °C'den başlayarak 69.5, 129.4, 173.5 ve 238.0 °C'lere kadar ayrı işlemlerle ısıtılmıştır. Konveksiyonel ve hibrit fırınlarda istenen sıcaklıklara ulaşmayı sağlayan ısıtma süreleri belirlenmiştir. Konveksiyonel ve hibrit fırınların çalışma sıcaklığı 200 °C'dir. Hibrit fırın, konveksiyonel ısıtma ve halojen ısıtmayı eşzamanlı sağlayarak çift ısıtma etkisi göstermektedir. 2 farklı yağ, 4 farklı şekilde, 4 farklı sürede ısıtılmış ve toplamda 34 farklı örnek elde edilmiştir.

Yağ örneklerinin sterol bileşimi AOCS Official Method Ch 6-91'e (25) göre belirlenmiştir. Yağ örneklerine önce sabunlaştırma işlemi uygulanmış, sabunlaşmayan madde fazı dietil eter ile ekstrakte edilmiştir. Sterol fraksiyonu ince tabaka kromatografi kullanılarak sabunlaşmayan maddeden ayrılmış ve BSTFA (Bis(trimetilsilil)triflorasetamid) kullanılarak türevlendirilmiştir. Trimetilsilillenmiş örnekler Agilent 7820 gaz kromatografi cihazında alev iyonlaştırıcı dedektör kullanılarak HP-5 kapiler kolon (30 m, 0.32-mm iç çap, 0.25 μ m film kalınlığı) ile analiz edilmiştir. Kolon, dedektör ve enjeksiyon bloğu sıcaklıkları sırasıyla 260, 290 ve 280 °C'dir. Taşıyıcı gaz azot olup, akış hızı 0.8 mL/dk'dır. Split oranı 50:1 ve enjeksiyon miktarı 2 μ L'dir. Analizde internal standart olarak 5 α -cholestan-3 β -ol kullanılmıştır.

İstatistiki Değerlendirme

Elde edilen veriler, SPSS 15.0 paket programı kullanılarak istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Varyans analizi tekniği ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiş, bu farklılığın önem derecesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılarak incelenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

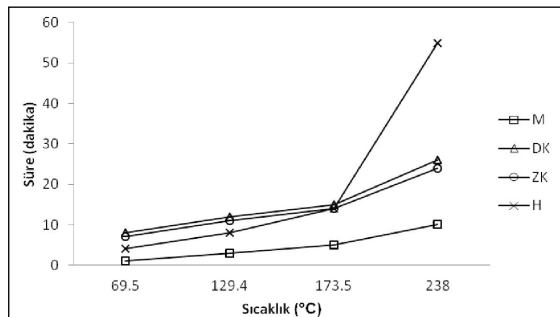
Farklı yağlara uygulanan ısıtma işlemleri sonucu yağın ulaştığı sıcaklık ve bu sıcaklığa ulaşmak için gerekli süreler Çizelge 1'de verildiği gibidir. Fındık ve kanola yağlarının, farklı tekniklerle ısıtılması sırasındaki sıcaklık-süre ilişkileri ise Şekil 1-2'de verildiği gibidir. Çizelge ve şekiller incelendiğinde en yüksek sıcaklığa en kısa sürede mikrodalga ısıtma ile ulaşıldığı görülmektedir. Zorlamalı konveksiyon mikrodalgadan sonra en hızlı ısıtmayı sağlamıştır. Ancak doğal konveksiyonla elde edilen sıcaklık-süre verileri zorlamalı konveksiyona oldukça yakındır. Hibrit fırınla gerçekleştirilen ısıtma işlemlerinde kanola yağında 129.4 °C'ye kadar; fındık yağında ise 173.5°C'ye kadar hızlı ısıtma sağlanırken, daha yüksek sıcaklıklarda fırının istenen sıcaklığa ulaşma süresi uzamıştır. Hibrit fırın, zorlamalı konveksiyonel ısıtma ve halojen ısıtmayı bir arada sağlayarak

çift ısıtma etkisi göstermektedir. Çift ısıtma işleminin yağlarda ısınma süresini konveksiyonel fırına kıyasla kısaltacağı öngörülmüştür ancak 173.5°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bu etki gözlenmemiştir.

Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan fındık yağının sterol bileşimi Çizelge 2'de verildiği gibidir. Fındık yağının temel sterolleri β -sitosterol, kampesterol, sitostanol ve Δ -7-stigmastenoldür. Bunların yanında düşük miktarlarda brassikasterol, 24-metilen-kolesterol, kampestanol, stigmasterol, Δ -7-kampesterol, klerosterol, Δ -5-avenasterol, Δ -5-24-stigmastadienol ve Δ -7-avenasterol yer almaktadır. Isıtılmamış rafine fındık yağının toplam sterol içeriği 1544.09 mg/kg düzeyindedir. Yorulmaz ve ark. (26) farklı fındık çeşitlerinden elde ettikleri ham fındık yağlarının toplam sterol içeriğinin 1581-2239 mg/kg düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı ısıtma teknikleriyle elde edilen sıcaklık ve süre değerleri
Table 1. Temperature and time values obtained by various heating techniques

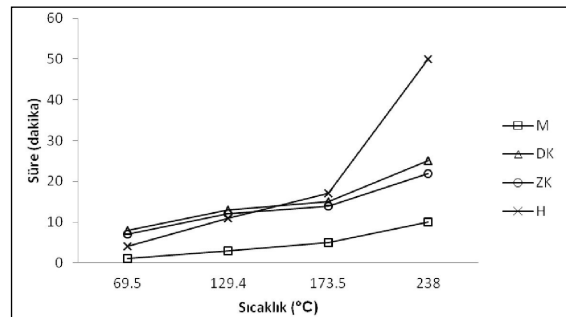
Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Isıtma Teknikleri Heating Techniques			
	Mikrodalga Isıtma Microwave Heating	Doğal Konveksiyon Natural Convection	Zorlamalı Konveksiyon Forced Convection	Hibrit Isıtma Hybrid Heating
Fındık yağı Hazelnut oil				
69.5±1.3	1 dk	8 dk 30 sn	7 dk 30 sn	4 dk
129.4±4.7	3 dk	12 dk 20 sn	11 dk 30 sn	8 dk 30 sn
173.5±3.7	5 dk	15 dk 15 sn	14 dk 30 sn	14 dk 10 sn
238.0±4.5	10 dk	26 dk 30 sn	24 dk	55 dk
Kanola yağı Canola oil				
69.5±1.3	1 dk	8 dk 49 sn	7 dk 30 sn	4 dk 36 sn
129.4±4.7	3 dk	13 dk	12 dk 20 sn	11 dk 18 sn
173.5±3.7	5 dk	15 dk 10 sn	14 dk 15 sn	17 dk
238.0±4.5	10 dk	25 dk 08 sn	22 dk 10 sn	50 dk



M: Mikrodalga Isıtma (Microwave heating), DK: Doğal Konveksiyon (Natural convection), ZK: Zorlamalı Konveksiyon (Forced convection), H: Hibrit Isıtma (Hybrid heating)

Şekil 1. Fındık yağının farklı tekniklerle ısıtılmasında sıcaklık-süre ilişkisi

Figure 1. The relationship between the time and temperature during heating hazelnut oil



M: Mikrodalga Isıtma (Microwave heating), DK: Doğal Konveksiyon (Natural convection), ZK: Zorlamalı Konveksiyon (Forced convection), H: Hibrit Isıtma (Hybrid heating)

Şekil 2. Kanola yağının farklı tekniklerle ısıtılmasında sıcaklık-süre ilişkisi

Figure 2. The relationship between the time and temperature during heating canola oil

Karabulut ve ark. (27) rafine edilmiş fındık yağının 1410.48 mg/kg düzeyinde sterol içerdiğini bildirmişlerdir. Farklı ısıtma işlemlerine tabi tutulmuş fındık yağlarının toplam sterol içeriğinin sıcaklığa karşı değişimi Şekil 3'te verildiği gibidir. Tüm fırın çeşitlerinde sıcaklık ve sürenin artışı ile fındık yağının sterol içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Ancak 173.5 °C'nin üzerindeki ısıtma işlemlerinde meydana gelen sterol kaybı 173.5 °C'nin altında meydana gelen sterol kayıplarından daha azdır. Sterol kaybının en fazla tespit edildiği ısıtma zorlamalı konveksiyon iken (%23.00); en az sterol kaybının tespit edildiği ısıtma tipi mikrodalga ısıtmadır (%16.46). Doğal konveksiyon ve hibrit ısıtmadaki ortalama sterol kayıpları ise sırasıyla % 21.37 ve % 19.45'tir. Farklı ısıtma teknikleri, aynı sıcaklığa kadar gerçekleştirilen işlemlerde toplam sterol içeriğinde istatistiki farklar oluşturmuştur. Berasategi ve ark. (28) zeytinyağı ve avokado yağlarını ısıtarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında toplam sterol içeriğinde her iki yağ için de düşüş tespit etmişlerdir. Bitkisel sıvı

yağların temel sterolu olan β -sitosterol fındık örneklerinde 541.93-1303.71 mg/kg arasında değişen değerler almış ve toplam sterollerin % 73.64-85.47'ini oluşturmuştur. Fındık yağının ikinci önemli sterolu olan kampesterol örneklerde 43.98-108.50 mg/kg arasında değişen değerler almış ve toplam sterollerin % 4.57-8.72'ini oluşturmuştur. Amaral ve ark. (29) farklı Portekiz fındık çeşitlerinden elde ettikleri yağlarda 7.2-16.4 mg/100 g düzeyinde, Matthäus ve Özcan (30) farklı Türk fındık çeşitlerinden elde edilmiş yağ örneklerinde 81.1-445.9 mg/kg düzeyinde kampesterol tanımlamışlardır. Fındık örneklerinin sitostanol içerikleri ise 22.24-59.07 mg/kg arasında değişim göstermiş olup, sonuçlar Yorulmaz ve ark (26) tarafından rapor edilen sonuçlarla uyum göstermektedir. Isıtma süre ve sıcaklığındaki artış fındık yağının brassikasterol, 24-metilen-kolesterol, Δ -5,24-stigmastadienol ve Δ -7-avenasterol içeriğinde istatistiki önemli farklar oluşturmazken; diğer sterollerde ise istatistiki açıdan anlamlı farklar gözlenmiştir.

Çizelge 2. Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan fındık yağlarının sterol içeriği (mg/kg)
Table 2. The sterol content of hazelnut oils heated in microwave, conventional and hybrid ovens (mg/kg)

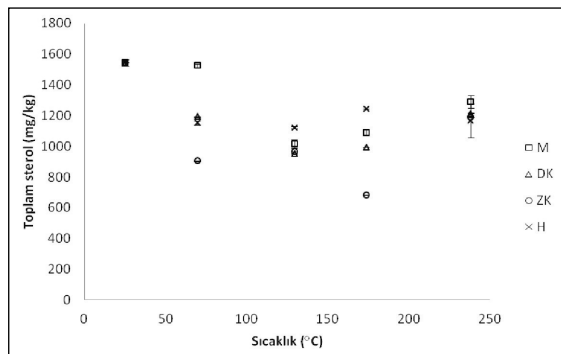
Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Sterol Miktarı (mg/kg) Sterol Content (mg/kg)						
	Brassika sterol Brassica sterol	24-metilen-kolesterol 24-methylene-cholesterol	Kampe Sterol Campe sterol	Kampe Stanol Campe stanol	Stigma Sterol Stigma sterol	Δ -7-kampe sterol Δ -7-campe sterol	Klero Sterol Clero sterol
Mikrodalga Isıtma Microwave Heating							
25	1.17 ^a	3.52 ^a	70.56 ^c	12.41 ^c	16.36 ^b	19.05 ^d	21.64 ^a
69.5	0.87 ^a	1.74 ^a	90.26 ^{a,Δ}	5.80 ^{b,t†}	14.56 ^{ab,*}	1.64 ^a	7.82 ^{a,t†}
129.4	0.91 ^a	1.28 ^a	63.28 ^{a,t†}	6.33 ^{b,t}	10.61 ^a	5.12 ^{b,t}	12.97 ^{a,*}
173.5	0.55 ^a	1.15 ^a	68.10 ^{b,Δ}	3.65 ^b	10.00 ^a	7.93 ^{c,*}	8.52 ^a
238.0	0.17 ^a	2.31 ^a	78.76 ^{d,*}	5.84 ^{b,t}	13.03 ^{ab}	2.57 ^{a,t}	27.86 ^a
Doğal Konveksiyon Natural Convection							
25	1.17 ^A	3.52 ^A	70.56 ^C	12.41 ^C	16.36 ^B	19.05 ^B	21.64 ^C
69.5	1.07 ^A	4.12 ^A	74.03 ^{C,*}	6.95 ^{AB,*}	12.50 ^{AB,t†}	6.23 ^A	30.81 ^{D,*}
129.4	0.96 ^A	1.32 ^A	60.77 ^{A,t†}	7.23 ^{AB,t}	9.99 ^A	4.08 ^{A,t}	9.22 ^{AB,*}
173.5	0.30 ^A	1.57 ^A	62.55 ^{A,*}	6.16 ^A	11.05 ^{AB}	7.10 ^{A,*}	7.87 ^A
238.0	4.02 ^A	2.30 ^A	73.81 ^{C,t†}	8.78 ^{B,*}	15.65 ^{AB}	17.18 ^{B,*}	12.02 ^B
Zorlamalı Konveksiyon Forced Convection							
25	1.17 ^P	3.52 ^P	70.56 ^{RS}	12.41 ^S	16.36 ^F	19.05 ^Q	21.64 ^P
69.5	1.08 ^P	2.08 ^P	55.79 ^{q,t†}	2.78 ^{p,t}	11.37 ^{q,t}	14.41 ^{pq}	12.04 ^{p,t†}
129.4	-	1.32 ^P	66.10 ^{p,*}	9.32 ^{c,*}	11.24 ^q	4.88 ^{p,t}	4.26 ^{p,t}
173.5	0.97 ^P	3.56 ^P	43.98 ^{p,t†}	8.06 ^q	6.65 ^P	3.20 ^{p,t}	8.68 ^P
238.0	0.55 ^P	0.74 ^P	76.82 ^{s,*}	5.73 ^{a,t}	12.60 ^q	1.56 ^{p,t}	7.87 ^P
Hibrit Isıtma Hybrid Heating							
25	1.17 ^P	3.52 ^P	70.56 ^P	12.41 ^O	16.36 ^O	19.05 ^R	21.64 ^O
69.5	0.88 ^P	1.58 ^P	74.36 ^{P,*}	6.29 ^{P,*}	12.47 ^{P,t†}	4.85 ^P	5.16 ^{P,t}
129.4	0.60 ^P	0.84 ^P	69.74 ^{P,Δ}	7.04 ^{P,t†}	11.60 ^P	7.15 ^{P,q,*}	4.16 ^{P,t}
238.0	5.57 ^P	1.46 ^P	108.50 ^{Q,Δ}	6.75 ^{P,t†}	11.26 ^P	9.19 ^{Q,t}	5.56 ^P

Çizelge 2 (devamı). Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan fındık yağlarının sterol içeriği (mg/kg)
Table 2 (continued). The sterol content of hazelnut oils heated in microwave, conventional and hybrid ovens (mg/kg)

Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Sterol Miktarı (mg/kg) Sterol content (mg/kg)						Toplam Sterol Total Sterols
	β -sito sterol	Sito stanol	Δ -5-avena sterol	Δ -5-24-stigma stadienol	Δ -7-stigma sterol	Δ -7-avena sterol	
	β -sito sterol	Sito stanol	Δ -5-avena sterol	Δ -5-24-stigma stadienol	Δ -7-stigma sterol	Δ -7-avena sterol	
Mikrodalga Isıtma Microwave Heating							
25	1204.03 ^d	59.07 ^c	7.87 ^a	51.22 ^a	58.39 ^a	18.78 ^a	1544.09 ^d
69.5	1303.71 ^{a,Δ}	52.93bc [*]	24.65 ^{b,Δ}	4.88 ^a	9.76 ^a	6.74 ^a	1525.38 ^{b,Δ}
129.4	831.92 ^{a,Δ}	38.95 ^a	6.57 ^a	8.59 ^a	26.55 ^a	3.17 ^a	1016.27 ^{a,*}
173.5	894.90 ^{b,Δ}	42.75 ^a	10.86 ^a	6.53 ^a	21.42 ^a	14.59 ^a	1090.98 ^b
238.0	1068.43 ^c	45.63 ^{ab,†}	21.21 ^{b,Δ}	8.46 ^a	11.04 ^{a,†}	4.65 ^a	1289.99 ^c
Doğal Konveksiyon Natural Convection							
25	1204.03 ^D	59.07 ^C	7.87 ^A	51.22 ^A	58.39 ^{AB}	18.78 ^A	1544.09 ^C
69.5	945.66 ^{C,*}	47.45 ^{B,†}	15.56 ^{B,*}	8.60 ^A	25.15 ^{AB}	14.51 ^A	1192.67 ^{B,*}
129.4	775.72 ^{A,†}	39.63 ^A	6.19 ^A	8.79 ^A	17.31 ^A	10.20 ^A	951.45 ^{A,†}
173.5	808.95 ^{A,*}	44.76 ^{AB}	8.04 ^A	5.31 ^A	16.07 ^A	15.09 ^A	994.86 ^{A,Δ}
238.0	894.17 ^B	51.87 ^{B,*}	7.62 ^{A,*}	7.45 ^A	103.24 ^{B,Δ}	16.05 ^A	1214.17 ^B
Zorlamalı Konveksiyon Forced Convection							
25	1204.03 ^s	59.07 ^q	7.87 ^p	51.22 ^p	58.39 ^p	18.78 ^q	1544.09 ^s
69.5	743.97 ^{q,†}	22.24 ^{p,†}	8.07 ^{p,†}	8.51 ^p	19.97 ^p	2.69 ^p	905.04 ^{q,†}
129.4	791.10 ^{q,*}	38.51 ^{pq}	6.59 ^p	12.31 ^p	16.36 ^p	4.05 ^p	966.06 ^{q,†}
173.5	541.93 ^{p,†}	33.84 ^{pq}	3.25 ^p	6.41 ^p	14.28 ^p	8.86 ^p	683.69 ^{p,*}
238.0	997.66 ^r	42.17 ^{pq,†}	21.51 ^{q,Δ}	8.33 ^p	9.21 ^{p,†}	4.12 ^p	1188.89 ^r
Hibrit Isıtma Hybrid Heating							
25	1204.03 ^Q	59.07 ^Q	7.87 ^P	51.22 ^P	58.39 ^P	18.78 ^P	1544.09 ^Q
69.5	966.14 ^{P,*}	42.74 ^{P,†}	15.61 ^{Q,*}	8.26 ^P	10.01 ^P	4.15 ^P	1152.51 ^{P,*}
129.4	910.93 ^{P,Δ}	45.65 ^P	12.79 ^{PQ}	7.87 ^P	24.38 ^P	17.86 ^P	1122.68 ^{P,Δ}
238.0	957.64 ^P	58.29 ^{Q,Δ}	14.97 ^{PQ,*}	12.19 ^P	52.34 ^{P,*}	1.99 ^P	1243.69 ^{P,†}

Farklı simgeler mikrodalga ısıtma (a-e), doğal konveksiyon (A-D), zorlamalı konveksiyon (p-s), hibrit ısıtma (P-Q) sırasında uygulanan sıcaklıklar arasındaki farklar ile farklı ısıtma tekniklerinin aynı sıcaklıkta ısıtılan yağ örneklerinde ortaya koyduğu farkları (†, *, Δ, °) simgelemektedir.

Different symbols indicate the differences between temperatures applied during microwave heating (a-e), natural convection (A-D), forced convection (p-s), hybrid heating (P-Q) and the differences among oil samples displayed by various heating techniques (†, *, Δ, °) heated at the same temperature.

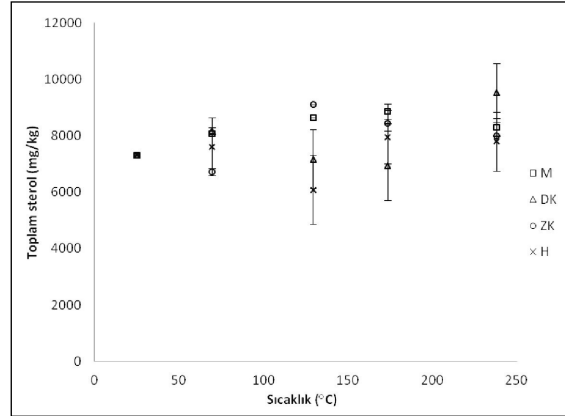


M: Mikrodalga Isıtma (Microwave heating), DK: Doğal Konveksiyon (Natural convection), ZK: Zorlamalı Konveksiyon (Forced convection), H: Hibrit Isıtma (Hybrid heating)

Şekil 3. Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan fındık yağlarının toplam sterol içeriğindeki değişim (mg/kg)
Figure 3. The change in total sterol content of hazelnut oils heated in microwave, conventional and hybrid ovens (mg/kg)

Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan kanola yağının sterol içeriği Çizelge 3'de verildiği gibidir. Kanola yağının temel sterollerini β -sitosterol, kampesterol ve brassikasteroldür. Isıtılmamış rafine kanola yağının toplam sterol içeriği 7317.38 mg/kg düzeyindedir. Verleyen ve ark. (31) farklı bitkisel sıvı yağların sterol içeriklerini inceledikleri çalışmalarında rafine kanola yağının ortalama 8000 mg/kg düzeyinde sterol ihtiva ettiğini rapor etmişlerdir. Farklı ısıtma işlemlerine tabi tutulmuş kanola yağlarının toplam sterol içeriğinin sıcaklığa karşı değişimi Şekil 4'te verildiği gibidir. Isıtma işlemleri süresince kanola yağının toplam sterol içeriği dalgalanma göstermiş, 238 °C'ye ulaşan ısıtma sonunda ise bazı örneklerde daha yüksek düzeyde sterol tespit edilmiştir. Temel sterol olan β -sitosterol kanola örneklerinde

2865.04-4546.36 mg/kg arasında değişen değerler almış ve toplam sterollerin %43.74-52.23'ünü oluşturmuştur. Kanola yağının ikinci önemli sterolu olan kampesterol örneklerde 2045.38-2953.31 mg/kg arasında değişen değerler almış ve toplam sterollerin %30.11-33.91'ini oluşturmuştur. Vlahakis ve Hazebroek (32), yaptıkları çalışmada kanola örneklerinde 2310-3920 µg/g düzeyinde β-sitosterol, 1500-3080 µg/g düzeyinde kampesterol rapor etmişlerdir. Brassikasterol kanola ve kolza yağlarına özgü bir sterol olup diğer bitkisel sıvı yağlarda sınırlı düzeyde yer almaktadır. Bu sebeple bitkisel sıvı yağlara kanola ve kolza yağıyla yapılan taşışlar brassikasterol miktarının belirlenmesi ile tespit edilebilmektedir. Kanola örneklerinde brassikasterol, 654.68-938.55 mg/kg arasında değişen değerler almış ve toplam sterollerin %9.69-10.93'u oranında yer almıştır. Isıtma süre ve sıcaklığı kanola yağı örneklerindeki sterollerin tamamında istatistiki olarak önemli farklara sebep



M: Mikrodalga Isıtma (*Microwave heating*), DK: Doğal Konveksiyon (*Natural convection*), ZK: Zorlamalı Konveksiyon (*Forced convection*), H: Hibrit Isıtma (*Hybrid heating*)

Şekil 4. Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan kanola yağlarının toplam sterol içeriğindeki değişim (mg/kg) *Figure 4. The change in total sterol content of canola oils heated in microwave, conventional and hybrid ovens (mg/kg)*

Çizelge 3. Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan kanola yağının sterol içeriği (mg/kg) *Table 3. The sterol content of canola oils heated in microwave, conventional and hybrid ovens (mg/kg)*

Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Sterol Miktarı (mg/kg) Sterol content (mg/kg)						
	Brassika sterol <i>Brassica sterol</i>	24-metilen-kolesterol <i>24-methylene-cholesterol</i>	Kampe Sterol <i>Campe sterol</i>	Kampe Stanol <i>Campe stanol</i>	Stigma Sterol <i>Stigma sterol</i>	Δ-7-kampe sterol <i>Δ-7-campe sterol</i>	Klero Sterol <i>Clero sterol</i>
Mikrodalga Isıtma Microwave Heating							
25	729.52 ^a	26.12 ^a	2290.04 ^a	46.20 ^b	70.53 ^a	29.15 ^d	106.97 ^a
69.5	802.82 ^{b,Δ}	27.55 ^{a,†}	2525.58 ^{b,Δ}	49.00 ^{c,*}	88.92 ^{d,Δ}	20.35 ^{c,*}	111.94 ^a
129.4	838.27 ^{c,Δ}	53.18 ^{b,Δ}	2905.04 ^{b,Δ}	45.48 ^{b,*}	83.70 ^{c,*}	7.70 ^{a,†}	121.04 ^a
173.5	902.81 ^{d,Δ}	59.26 ^{b,*}	2814.77 ^{d,Δ}	65.64 ^{d,*}	92.67 ^{b,Δ}	42.85 ^{a,Δ}	143.68 ^a
238.0	925.92 ^{d,†}	87.85 ^{c,*}	2616.79 ^{c,†}	34.81 ^{a,†}	78.86 ^{b,†}	10.94 ^{b,*}	131.77 ^{a,†}
Doğal Konveksiyon Natural Convection							
25	729.52 ^A	26.12 ^A	2290.04 ^A	46.20 ^B	70.53 ^A	29.15 ^D	106.97 ^A
69.5	863.69 ^{C,Δ}	90.23 ^{D,Δ}	2651.14 ^{C,Δ}	42.23 ^{B,†}	82.19 ^{B,Δ}	17.96 ^{C,*}	130.50 ^A
129.4	758.77 ^{B,*}	39.23 ^{B,*}	2355.84 ^{B,*}	34.44 ^{A,†}	71.66 ^{A,†}	6.24 ^{A,†}	155.98 ^A
173.5	753.69 ^{B,†}	56.16 ^{C,*}	2351.45 ^{B,†}	42.59 ^{B,†}	65.77 ^{A,†}	14.40 ^{B,†}	94.81 ^A
238.0	938.55 ^{D,*}	380.65 ^{E,Δ}	2870.41 ^{D,*}	46.37 ^{B,Δ}	89.76 ^{C,*}	20.48 ^{C,Δ}	660.03 ^{B,*}
Zorlamalı Konveksiyon Forced Convection							
25	729.52 ^P	26.12 ^P	2290.04 ^P	46.20 ^{PQ}	70.53 ^Q	29.15 ^T	106.97 ^P
69.5	654.68 ^{P,†}	36.77 ^{PQ,*}	2076.81 ^{P,†}	52.78 ^{Q,*}	63.37 ^{P,†}	42.99 ^{S,Δ}	76.30 ^P
129.4	937.19 ^{Q,Δ}	40.40 ^{Q,Δ}	2953.31 ^{Q,Δ}	51.87 ^{PQ,Δ}	86.54 ^{S,*}	21.65 ^{Q,Δ}	102.63 ^P
173.5	832.91 ^{Q,*}	39.52 ^{PQ,†}	2598.55 ^{Q,*}	50.38 ^{PQ,†}	78.94 ^{T,*}	29.23 ^{Q,*}	84.54 ^P
238.0	838.93 ^{Q,†}	37.44 ^{PQ,†}	2639.39 ^{Q,†}	36.20 ^{P,*}	79.13 ^{Q,†}	11.51 ^{P,*}	60.96 ^{P,†}
Hibrit Isıtma Hybrid Heating							
25	729.52 ^Q	26.12 ^Q	2290.04 ^P	46.20 ^P	70.53 ^{PQ}	29.15 ^T	106.97 ^{PQ}
69.5	758.59 ^{R,*}	35.20 ^{R,*}	2342.56 ^{R,*}	42.30 ^{P,†}	75.27 ^{QR,*}	23.93 ^{S,*}	212.05 ^Q
129.4	665.25 ^{P,†}	18.52 ^{P,†}	2045.38 ^{P,†}	39.42 ^{P,†}	69.95 ^{P,†}	11.26 ^{R,*}	102.25 ^{PQ}
173.5	829.22 ^{S,*}	47.00 ^{S,†}	2582.62 ^{S,*}	41.15 ^{P,†}	80.86 ^{S,Δ}	9.59 ^{Q,†}	72.86 ^P
238.0	836.53 ^{S,†}	33.97 ^{R,†}	2611.53 ^{T,†}	43.22 ^{R,Δ}	78.71 ^{R,S,†}	5.28 ^{P,†}	82.57 ^{P,†}

Çizelge 3 (devamı). Mikrodalga, konveksiyonel ve hibrit fırınlarda ısıtılan kanola yağlarının sterol içeriği (mg/kg)
 Table 3 (continued). The sterol content of canola oils heated in microwave, conventional and hybrid ovens (mg/kg)

Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Sterol Miktarı (mg/kg) Sterol content (mg/kg)						Toplam Sterol Total Sterols
	β-sito sterol	Sito stanol	Δ-5-avena sterol	Δ-5-24-stigma stadienol	Δ-7-stigma stenol	Δ-7-avena sterol	
	β-sito sterol	Sito stanol	Δ-5-avena sterol	Δ-5-24-stigma stadienol	Δ-7-stigma stenol	Δ-7-avena sterol	
Mikrodalga Isıtma Microwave Heating							
25	3683.78 ^a	98.31 ^a	116.04 ^{ab}	50.87 ^a	51.70 ^b	18.15 ^a	7317.38 ^a
69.5	4113.22 ^{ab,Δ}	108.49 ^{ab,†}	103.17 ^{a,†}	71.70 ^{ab,†}	47.44 ^{ab}	6.58 [†]	8076.77 ^{ab,Δ}
129.4	4174.47 ^{ab,Δ}	99.39 ^{a,*}	139.79 ^{c,Δ}	70.18 ^a	6.97 ^{a,†}	15.11 ^{a,†}	8647.98 ^{ab,Δ}
173.5	4284.51 ^{b,Δ}	125.42 ^{b,Δ}	122.64 ^{b,†}	54.88 ^b	139.85 ^{c,†}	13.63 ^a	8862.64 ^{d,Δ}
238.0	4204.02 ^{ab,†}	93.02 ^a	137.13 ^{c,†}	27.85 ^a	15.38 ^{ab,†}	28.15 ^a	8304.59 ^{bc,†}
Doğal Konveksiyon Natural Convection							
25	3683.78 ^c	98.31 ^d	116.04 ^b	50.87 ^a	51.70 ^b	18.15 ^b	7317.38 ^c
69.5	4005.22 ^{d,Δ}	92.09 ^{b,†}	125.91 ^{c,†}	25.00 ^{A,†}	22.94 ^A	13.57 ^A	8162.69 ^{d,Δ}
129.4	3439.52 ^{b,†}	88.83 ^{A,†}	104.94 ^{A,†}	52.18 ^A	39.23 ^{AB,†}	18.80 ^{B,†}	7165.66 ^{b,†}
173.5	3264.42 ^{A,†}	91.40 ^{B,†}	109.77 ^{A,†}	29.43 ^A	39.93 ^{AB,†}	21.13 ^{BC}	6934.99 ^{A,†}
238.0	4169.28 ^{E,†A}	95.73 ^C	137.41 ^{D,†}	36.56 ^A	63.44 ^{B,†}	24.04 ^C	9532.72 ^{E,†}
Zorlamalı Konveksiyon Forced Convection							
25	3683.78 ^{pq}	98.31 ^q	116.04 ^q	50.87 ^p	51.70 ^p	18.15 ^p	7317.38 ^q
69.5	3419.89 ^{p,†}	93.54 ^{pq,†}	105.98 ^{p,†}	36.79 ^{p,†}	33.08 ^p	26.32 ^p	6719.36 ^{p,†}
129.4	4546.36 ^Δ	118.72 ^Δ	157.91 ^Δ	28.34 ^p	36.69 ^{p,†}	27.93 ^{p,†}	9109.58 ^Δ
173.5	4405.16 ^Δ	100.65 ^{s,†}	145.29 ^{s,Δ}	26.79 ^p	18.42 ^{p,†}	24.07 ^p	8434.48 [†]
238.0	3999.04 ^{t,†}	85.96 ^p	134.92 ^{s,†}	36.02 ^p	25.21 ^{p,†}	16.92 ^p	8001.66 [†]
Hibrit Isıtma Hybrid Heating							
25	3683.78 ^Q	98.31 ^{Q^R}	116.04 ^{RS}	50.87 ^P	51.70 ^P	18.15 ^P	7317.38 ^Q
69.5	3815.36 ^{R,†}	107.00 ^{S,†}	102.69 ^{Q,†}	39.93 ^{P,†}	53.43 ^P	3.48 ^P	7611.79 ^{R,*}
129.4	2865.04 ^{P,†}	90.10 ^{P^Q,†}	79.14 ^{P,†}	69.36 ^P	24.01 ^{P,†}	8.60 ^{P,†}	6088.28 ^{P,†}
173.5	4007.33 ^{T,†}	88.63 ^{P,†}	117.58 ^{S,†}	34.13 ^P	33.09 ^{P,†}	11.02 ^P	7955.11 ^{S,†}
238.0	3800.72 ^{R,†}	100.22 ^{RS}	107.48 ^{QR,†}	41.03 ^P	16.18 ^{P,†}	36.11 ^P	7793.56 ^{RS,†}

Farklı simgeler mikrodalga ısıtma (a-e), doğal konveksiyon (A-D), zorlamalı konveksiyon (p-s), hibrit ısıtma (P-Q) sırasında uygulanan sıcaklıklar arasındaki farklar ile farklı ısıtma tekniklerinin aynı sıcaklıkta ısıtılan yağ örneklerinde ortaya koyduğu farkları (†, *, Δ, °) simgelenmektedir.

Different symbols indicate the differences between temperatures applied during microwave heating (a-e), natural convection (A-D), forced convection (p-s), hybrid heating (P-Q) and the differences among oil samples displayed by various heating techniques (†, *, Δ, °) heated at the same temperature.

olmuştur. Benzer şekilde ayrı ısıtma teknikleri, aynı sıcaklığa kadar gerçekleştirilen işlemlerde toplam sterol içeriğinde istatistiki farklar oluşturmuştur.

Fındık ve konola yağının farklı ısıtma teknikleri ile ısıtılması sonucunda sterol kompozisyonu ve içeriği ısıtma tekniğine ve uygulanan sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermiştir. Bu değişim, düzenli artış/azalış deseni sergilemekten ziyade her iki yağ için de genellikle dalgalanma şeklinde gerçekleşmiştir. Elde edilen bulgular hibrit fırınların yüksek sıcaklıklarda ısıtma performanslarının

düşüğünü ve ısıtma süresinin diğer fırınlara kıyasla oldukça uzadığını ortaya koymaktadır. Mevcut ısıtma sistemlerinin sterol oksidasyonu üzerine etkilerinin incelenmesi ve oluşan oksidasyon ürünleri ile fitosterollerin birlikte değerlendirilmesi yeni çalışmalara ışık tutacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu makale Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenen ZRF 12001 nolu projenin sonuçlarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Oliveira MEC, Franca AS. 2002. Microwave heating of foodstuffs. *J Food Eng*, 53, 347-359.
2. Yoshida H, Hirooka BN, Kajimoto G. 1990. Microwave energy effects on quality of some seed oils. *J Food Sci*, 55, 1416-1421.
3. Yoshida H, Kondo I, Kajimoto G. 1992. Effects of microwave energy on the relative stability of Vitamin E in animal fats. *J Sci Food Agric*, 58, 531-534.
4. Farag RS. 1994. Influence of microwave and conventional heating on the quality of lipids in model and food systems. *Fett Wiss Technol*, 96, 215-222.
5. Albi T, Lanzon A, Guinda A, Leon M, Pérez-Camino MC. 1997a. Microwave and conventional heating effects on thermooxidative degradation of edible fats. *J Agric Food Chem*, 45, 3795-3798.
6. Farag RS, Hewedi FM, Abu-Raiia SH, El-Baroty GS. 1992. Comparative study on the deterioration of oils by microwave and conventional heating. *J Food Prot*, 55, 722-727.
7. Hassanein MM, Safinaz MS, Hassan M. 2003. Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *Grasas Aceites*, 54, 343-349.
8. Lie Ken Jie MSF, Yan-kit C. 1988. The use of microwave oven in the chemical transformation of long chain fatty acid esters. *Lipids*, 23, 367-369.
9. Albi T, Lanzon A, Guinda A, Pérez-Camino MC, Leon M. 1997b. Microwave and conventional heating effects on some physical and chemical parameters of edible fats. *J Agric Food Chem*, 45, 3000-3003.
10. Caponio F, Pasqualone A, Gomes T. 2002. Effects of conventional and microwave heating on the degradation of olive oil. *Eur Food Res Technol*, 215, 114-117.
11. Uquichea E, Jeréza M, Ort zc J. 2008. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (Gevuina avellana Mol). *Innov Food Sci Emerg*, 9, 495-500.
12. Azadmard-Damirchi S, Habibi-Nodeh F, Hesari J, Nemati M, Achachlouei BF. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chem*, 121, 1211-1215.
13. Tan CP, Che Man YB, Jinap S, Yusoff MSA. 2001. Effects of microwave heating on changes in chemical and thermal properties of vegetable oils. *J Am Oil Chem Soc*, 78, 1227-1232.
14. Hassanein MM, El-Shami SM, El-Mallah MH. 2003. Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *Grasas Aceites*, 54, 343-349.
15. Vieira MFS, Regitano-D'arce MAB. 1998. Stability of oils heated by microwave: UV spectrophotometric evaluation. *Ciência e ecnologia de Alimentos*, 18, 433-437.
16. Dostálová J, Hanzl k P, Réblová Z, Pokorný J. 2005. Oxidative changes of vegetable oils during microwave heating. *Czech J. Food Sci*, 23, 230-239.
17. Demirekler P, Sumnu G, Sahin S. 2004. Optimization of bread baking in a halogen lamp-microwave combination oven by response surface methodology. *Eur Food Res Technol*, 219, 341-347.
18. Casas JS, Bueno EO, Garcia AMM, Cano MM. 2004. Sterol and erythrodiol+uvaol content of virgin olive oils from cultivars of Extremadura (Spain). *Food Chem*, 87, 225-230.
19. Wester I. 2000. Cholesterol-lowering effect of plant sterols. *Eur J Lipid Sci Technol*, 102, 37-44.
20. Kayahan M, Tekin A. 2006. Sağlıklı Beslenme Açısından Zeytinyağının Önemi. *Zeytinyağı Üretim Teknolojisi*, Ankara, s 131-166.
21. Ling WH, Jones PJH. 1995. Dietary phytosterols: Review of metabolism, benefits and side effect. *Life Sci*, 57, 195-206.
22. Akihisa T, Yasukawa K, Yamaura M, Ukiya M, Kimura Y, Shimuzu N, Arai K. 2000. Triterpene alcohol and sterol ferrulates from rice bran and their anti-inflammatory effect. *J Agric Food Chem*, 48, 2313-2319.
23. Rao AV, Janesic SA. 1992. The role of dietary phytosterols in colon carcinogenesis. *Nutr Cancer*, 18, 43-52.
24. Gould AL, Rossow JE, Santanello NC, Heyse JF, Furberg CD. 1995. Cholesterol reduction yields clinical benefit. A new look to old data. *Circulation*, 91, 2274-2282.
25. AOCS. 2003. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society AOCS Press, Champaign.

26. Yorulmaz A, Velioglu YS, Tekin A, Simsek A, Drover JCG, Ates J. 2009. Phytosterols in 17 Turkish hazelnut (*Corylus avellana L.*) cultivars. *Eur J Lipid Sci Technol*, 111, 402-408.
27. Karabulut İ, Topçu A, Yorulmaz A, Tekin A, Ozay DS. 2005. Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *Eur J Lipid Sci Technol*, 107, 476-480.
28. Berasategi I, Barriuso B, Ansorena D, Astiasarán I. 2012. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chem*, 132, 439-446.
29. Amaral S, Casal S, Citova´ I, Santos A, Seabra RM, Oliveira BPP. 2006. Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana L.*) cultivars based in chemical, fatty acid, and sterol composition. *Eur Food Res Technol*, 222, 274-280.
30. Matthäus B, Özcan MM. 2012. The comparison of properties of the oil and kernels of various hazelnuts from Germany and Turkey. *Eur J Lipid Sci Technol*, 114, 801-806.
31. Verleyen T, Forcades M, Verhe R, Dewettinck K, Huyghebaert A, Greyt WD. 2002. Analysis of Free and Esterified Sterols in Vegetable Oils. *J Am Oil Chem Soc*, 79, 117-122.
32. Vlahakis C, Hazebroek J. 2000. Phytosterol accumulation in canola, sunflower, and soybean oils: Effects of genetics, planting location, and temperature. *J Am Oil Chem Soc*, 77, 49-53.