

## Hasat Sonrası İşlemlerin Palaz Fındık Çeşidinin Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Ali TURAN<sup>1\*</sup>, Ali İSLAM<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma 2014–2016 yılları arasında beton harman (BH), çimen harman (ÇH) ve suni kurutma (SK) ortamlarının 18 ay boyunca 20–25°C ve %70–90 nisbi nem koşullarında muhafaza edilen Palaz fındık çeşidinin yağ asitleri kompozisyonu ve yağ oksidasyonu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonucunda Palaz fındık çeşidinde miristik (C14:0), palmitik (C16:0), palmitoleik (C16:1), margarik (C17:0), heptadesenoik (C17:1), stearik (C18:0), oleik (C18:1), linoleik (C18:2), linolenik (C18:3), araşidik (C20:0), eikosenoik (C20:1), behenik (C22:0) ve nervonik asit (C24:0) olmak üzere toplam 13 yağ asidi tespit edilmiştir. Beklendiği gibi tekli doymamış yağ asitleri ana grubu oluşturmuş (%83.02) ve bunu çoklu doymamış (%11.47) ve doymuş yağ asitleri (%6.91) izlemiştir. Suni kurutma ortamında daha düşük peroksit ve iyot değeri, daha yüksek oleik/linoleik asit değeri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Depolama, fındık, kurutma, oksidasyon, yağ asitleri kompozisyonu

### Effect of Post-Harvest Processing on Chemical Properties of Palaz (cv) Hazelnut

**ABSTRACT:** This study aimed to determine the fatty acid composition and oil oxidation of hazelnuts dried with drying methods (drying machine, concrete and grass ground; DM, CG and GG, respectively) during 18 months of storage (2014–2016) at 20–25°C and 70–90% relative humidity. Palaz cultivar identified a total 13 fatty acids such as myristic (C14:0), palmitic (C16:0), palmitoleic (C16:1), margaric (C17:0), heptadecenoic (C17:1), stearic (C18:0), oleic (C18:1), linoleic (C18:2), linolenic (C18:3), arachidic acid (C20:0), eicosenoic (C20:1), behenic (C22:0), and nervonic acid (C24:0). As expected, monounsaturated fatty acid was the main fatty acid group (83.02%) followed by polyunsaturated (11.47%) and saturated fatty acids (6.91%). The lowest peroxide and iodine value, and the highest oleic/linoleic acidity ratio were found in DM.

**Keywords:** Storage, hazelnut, drying, oxidation, fatty acids composition

<sup>1</sup> Ali TURAN (Orcid ID: 0000-0002-2961-6605), Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Fındık Ekspertiği Programı, Giresun, Türkiye

<sup>2</sup> Ali İSLAM (Orcid ID: 0000-0002-2165-7111), Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali TURAN, e-mail: ali.turan@giresun.edu.tr; alituran61@gmail.com

Bu çalışma Ali TURAN'ın doktora tezinden üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 23.02.2019

Kabul tarihi/Accepted: 10.05.2019

## GİRİŞ

Sert kabuklu meyveler arasında fındık besin içeriği bakımından ilk sırada yer almaktadır ve içerdiği bir çok besin öğeleri ile sağlıklı beslenmede büyük önem taşımaktadır. %10–24 arasında protein içeren fındıktan 100 g iç fındık ile günlük protein ihtiyacının %22'si karşılanmaktadır. Fındıklar %50–65 arasında yağ içermekte ve yağ asidi olarak en fazla oleik asit bulunmakta ve bunu linoleik, palmitik, stearik ve linolenik yağ asidi izlemektedir. Oleic asit kandaki kolesterol düzeyini azaltıcı, linoleik asit ise damar içi sertleşmeyi azaltıcı etkiye sahiptir. Ayrıca fındıktaki linoleik ve linolenik asitlerin kandaki lipit ve gliserid düzeyi ile hipertansiyonu düşürücü etki yaptığı bilinmektedir (Köksal, 2018). Kültürel uygulamalarda yapılan eksilik ve/veya hataların fındığın bu besin özelliklerinde önemli değişkenliklere neden olduğu bilinmektedir (Turan, 2018a). Fındığın yağ asitleri kompozisyonunu etkileyen kültürel uygulamaların başında ise hatalı hasat ve/veya hasat sonrası işlemleri gelmekte (Kalkışım ve ark., 2016) ve bu yüzden de fındığın raf ömrünü kısaltmaktadır (Turan, 2018b).

Türkiye’de genellikle fındık hasadı Ağustos başında başlamakta çeşit, rakım ve iklime bağlı olarak ~6–8 hafta kadar sürmektedir. Hasat, hasat sonrası işlemleri ve kurutma sırasında hava koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü genellikle geleneksel olarak yürütülen kurutma işlemlerini yağmur engellemekte ve kalite kaybına neden olmaktadır (Turan, 2018a). Tarımsal ürünlerin muhafaza yöntemlerinden en eskisi kurutmadır (Turan ve Karaosmanoğlu, 2019) ve hasat sonrasında muhafaza süresince meyve kalitesinin korunmasında hayati rol oynamaktadır (Wang ve ark., 2018; Turan ve İslam, 2018a). Ancak Türkiye’de fındıkta kurutma işlemi geleneksel olarak beton ve/veya çimen harmanda gerçekleştirilmektedir (Turan ve İslam, 2016). Bu nedenle de hasat sonrasında modern

tekniklerin kullanılmaması bir yandan meyve kalitesini azaltırken diğer yandan hasat sonrası kayıpların artmasına neden olmaktadır (Turan ve İslam, 2018b).

Geleneksel yöntemlerle fındık kurutmak için yağsız ve güneşli günlere ihtiyaç duyulmaktadır (Turan, 2018b). Ancak hasat sezonunda özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde güneşli gün sayısının çok az olmasından dolayı kurutma süreci uzamaktadır. Bunun yanında uzun süre güneş ışığı ve sıcaklığa maruz kalan fındıklar serbest yağ asidi salmakta ve bu da yağ oksidasyonuna neden olmaktadır (Rabadan ve ark., 2018; Turan 2018a–b). Bu nedenle fındığın bozulmadan kısa sürede kurutulması büyük önem taşımaktadır. Fındıkta suni ve geleneksel kurutma yöntemlerinin hasat sonrasında meyve kalitesi üzerine etkileri konusunda bilgi çok sınırlıdır (Turan, 2019). Bu çalışma, farklı kurutma yöntemlerinin muhafaza süresince Palaz fındık çeşidinde yağ asitleri ve yağ oksidasyonu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin pratiğe aktarılması çiftçiye, fındık sektörüne, ülke ekonomisine ve literature önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

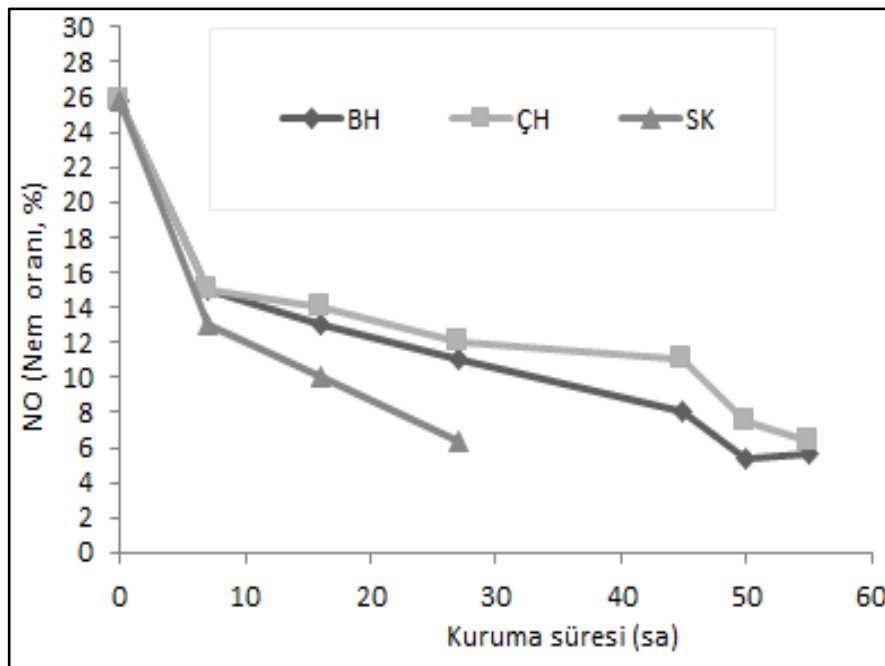
Palaz fındık çeşidi Ordu İli Altınordu İlçesi Cumhuriyet Mahallesinde tek bir bahçeden alınmıştır (40°58'21.72" K, 37°58'48.14" D, 110 m). Örnek alınan bahçelerdeki dal sayısı ~4–6 dal/ocak, ocak arası mesafe ~2.5–3 m, dekara ocak sayısı ~55–60 bitki/da ve bahçe ~30–35 yaşındaki bitkilerden oluşmaktadır. Genellikle yılda iki defa dip sürgünü temizliği yapıldığı gözlenmiş, yaşlı dallar geleneksel yöntemlerle seyreltilmiş ancak bahçede gençleştirme tamamen yapılamamıştır. Gübreleme genelde Mart ayının ortasında ~1 kg/ocak olacak şekilde serpmeye uygulanmaktadır (CAN, %26 N). Zararlılardan sadece fındık kurduna (*Curculio nucum* L.) karşı genelde Mayıs ayının başında

mücadele yapılmaktadır (%50 methiocarp wp, 100 g/da). Ancak yoğun zararı olduğu gözlenen dalkıran zararlısı (*Xyloborus dispar* F.) ve külleme hastalığına [*Phyllactinia guttata* (Wallr.; Fr.) Lev] karşı mücadele yapılmadığı gözlenmiştir. Yıllık ortalama verim ise ~80–90 kg/da arasında değişkenlik göstermektedir.

### Kurutma Yöntemleri

Hasat işlemi 05–08 Ağustos 2014 tarihleri arasında ~%25 nem değerinde yerden hasat şeklinde gerçekleştirilmiştir (Turan ve İslam, 2016). 09–11 Ağustos 2014 tarihleri arasında üç gün soldurulmuş (Nem değeri %15.29), soldurmanın son gününde patoz yardımıyla zuruflarından ayıklanmış ve aynı gün kurutma işlemine üç gruba ayrılarak başlamıştır. Grup I; çotanaklarından ayrılmış fındıklar otu motorla biçilmiş (Oleo–Mac 440 T, Italy) çimen harmana (ÇH; 4x3 m boyut, ~30 kg) getirilmiş ve yere serilen branda üzerine (TS 4739, TS 1534–2; EN ISO 2286–2, Kale Tente, İstanbul, Turkey) 5 cm kalınlığında serilmiş ve güneş altında günde en az 3 defa (sabah, öğle ve akşam) karıştırılmıştır. Grup II; fındıklar doğrudan beton harmana (BH; 5x5 m boyut, ~30 kg) serilmiş (TS EN 12390 Gümüşteş Çimento, Giresun, Türkiye) ve güneş

altında iklime bağlı olarak günde en az 3 defa karıştırılmıştır. ÇH ve BH metotlarında örnekler ortam şartlarında kurutulmuştur (ortalama rüzgar hızı, ortam sıcaklığı ve nemi ve güneşlenme süresi; 1.4 sa/km, 25.6°C ve 5.24 sa, sırasıyla). ÇH ve BH metotlarında kurutma işlemi her gün saat 08:00–20:00 arasında devam etmiş ve 20:00'dan sonra fındıkların nem almaması için üzeri naylon örtü (Metroplast, İstanbul, Türkiye) ile örtülmüştür (Yaygın uygulama). Grup III; fındıklar kurutma makinesi (KM) içerisine elevatör yardımıyla yerleştirilmiş (~1000 kg) ve kurutma işlemi 45°C'de (yaygın kullanım) (FACMA ES 3000, 2013, İtalya) gerçekleştirilmiştir (~30 kg tesadüfen seçilmiş; Turan ve İslam, 2018b; Turan, 2018a, Turan, 2019). Kurutma süreci beton ve çimen harmanda 55 sa, kurutma makinesinde ise 27 sa sürmüştür. Kuruma süresi ve nem değerleri ile ilgili detaylar Şekil 1'de verilmiştir. Kurutulmuş fındıklar 10 kg jüt çuvallarda, palet üzerinde adi depo şartlarında (20–25°C ve %70–90 nisbi nem) 18 ay depolanmış ve depolama süresince her üç ayda bir alınan örneklerde analizler yapılmıştır. Çalışma toplam 90 kg fındık ile yürütülmüştür.



Şekil 1. Farklı kurutma ortamlarında nem değerlerinin değişimi ve kuruma süreleri

### Yağ Asitleri Kompozisyonu

Fındık yağı Ceselsan soğuk pres yağ ekstraksiyon sistemi ile (AISI3004, Ceselsan, Giresun, Türkiye) elde edilmiştir (Basınç kuvveti: 10000 kgf, basınç: 34.7 MPa, sıcaklık: -5°C ~+45 °C and kapasite; 250 g iç fındık; Turan, 2018a). Yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesinde (Ficarra ve ark., 2010) yağdan 0.5 g erlenmayere tartılmış ve üzerine 4 ml izo-oktan ve 2 ml metanollü KOH çözeltisi ilave edildikten sonra 30 saniye çalkalanmıştır. Daha sonra ağzı kapalı olarak karanlıkta 6 dk bekletilmiş ve süre sonunda 2 damla %1'lik metil oranj indikatöründen damlatıldıktan sonra, pembe renk oluşuncaya kadar 1 M HCl çözeltisi titre edilmiştir. İçerik 15 dk dinlendirildikten sonra üstte biriken renksiz tabaka cam viallere alınarak GC'de analize alınmıştır. Yağ asitlerinin bileşimi alev iyonizasyon dedektörlü ve TR-CN100 kolonlu (60 m x 0.25 mm I.D., 0.20 µm; Shimadzu GC-2010, Japonya) gaz kromatografisi kullanılarak belirlenmiştir. Enjektör sıcaklığı 250°C ve dedektör sıcaklığı 250°C'ye ayarlanmıştır. Enjekte edilen örnek miktarı 1.0 µl olup, taşıyıcı gaz olarak 200 kPa basınçtaki helyum kullanılmıştır. Enjeksiyon uygulaması 1:100 oranında gerçekleştirilmiştir. Kolon sıcaklığı 90°C'de 7 dk tutulmuş ve daha sonra 5°C/dk olacak şekilde 240°C'ye çıkarılmıştır. Son olarak 240°C'de de 15 dk tutulmuştur. Yağ asitleri, standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımının (Supelco 37 Component FAME Mixture, Cat. No. 18919-1AMP, Bellefonte PA, USA) gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmalarıyla tanımlanmıştır (Turan, 2018a; Turan, 2019; Karaosmanoğlu ve Üstün, 2019).

### Oksidasyon Parametreleri

Serbest yağ asitliği AOAC method (AOAC, 1990a)'a, peroksit değeri AOAC (1990b) (Metrohm, Dosimat 799, İsviçre) ve ransimat değeri, rancimat 743 cihazı (Metrohm, İsviçre; Velasco ve ark., 2004) ile yapılmıştır. İyot değeri ise yağ asitleri yüzdesi ile

[(palmitoleik asit × 1.901) + (oleik asit × 0.899) + (linoleik asit×1.814)+(linolenik asit×2.737)] formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Turan, 2018a; Turan, 2019).

### İstatistiksel Analizler

Deneme üç tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Tanımlayıcı istatistikler SPSS v. 22.0'e göre (Armok, New York: IBM Corp.), istatistik testler ise SAS-JAMP v. 10.0 kullanılarak yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Yağ Asitleri Kompozisyonu

Palaz fındık çeşidinde toplam 13 yağ asidi tespit edilmiş ve kurutma yöntemlerinin yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkisi miristik (C14:0) ve eikosenoik (C20:1) yağ asitleri haricinde önemli bulunmuş ve detaylar Tablo 1'de verilmiştir.

Ayrıca kaproik (C6:0), kaprilik (C8:0), kaprik (C10:0), laurik (C12:9), eikosadienoik (C20:2), erusik (C22:1), dokosadienoik (C22:2), lignoserik (C24:0) yağ asitleri olmak üzere toplam sekiz yağ asidi tespit edilememiştir (<%0.001). Ana grup olarak kabul edilen yağ asitleri toplam yağ asitlerinin ~%99.47, minör grup ise ~%0.53'lük kısmını oluşturmuştur (Tablo 1). Benzer sonuçlar Alaşalvar ve ark. (2010), Turan (2018a) ve Turan (2019) tarafından da bildirilmiştir. Ancak çeşit, ekoloji, gübreleme, rakım, hasat zamanı, olgunluk ve topoğrafya gibi pek çok faktörün yağ asitleri kompozisyonunu etkilediği bilinmektedir (Amaral ve ark., 2006; Alaşalvar ve ark., 2010; Turan, 2018b; Turan, 2019). Bu faktörlerden belki de en önemlisi olan çeşit farklılığı zaman zaman göz ardı edilebilmektedir (Hashempour ve ark., 2010).

Tablo 2'de doymuş (DYA), tekli doymamış (TDY), çoklu doymamış (ÇDY) ve doymamış/doymuş (TDY+ÇDY/DYA) yağ asitleri detaylı bir şekilde verilmiş, kurutma ve muhafaza süresinin etkisi önemli bulunmuştur (P < 0.001). Beklendiği gibi TDY ana grubu

oluşturmuş (%83.02), onu ÇDY (%11.47) ve DYA (%6.91) izlemiştir. Özcan ve ark. (2018) Sivri fındık çeşidinde oleik asidin ana grubu oluşturduğunu (%90.84) onu linoleik ve palmitik asidin izlediğini belirtmiş ve pek çok çalışmada küçük farklılıklara rağmen paralellik olduğu görülmüştür (Turan, 2018b; Solak ve ark., 2018; Turan, 2019). Fakat Amaral ve ark. (2006) TDY asitlerinin ana grubu oluşturduğunu, DYA ve ÇDY asitlerinin eşdeğer olduğunu

bildirmişlerdir. Kurutma yöntemlerinin DYA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ( $P < 0.001$ ), en yüksek değer BH (%6.91), en düşük değer ise ÇH (%6.10) ortamında kaydedilmiştir (Tablo 2). Çok sayıda çalışmada kurutma yöntemlerinin DYA üzerine etkili olduğunu bildirilmiştir (Delgado ve ark., 2017; Turan, 2018a–b; Özcan ve ark., 2018; Turan, 2019).

**Tablo 1.** Kurutma yöntemlerinin fındığın 18 ay muhafaza süresince yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkileri

Yağ asitleri (%)	M	MS (Ay)							Önemlilik		
		0	3	6	9	12	15	18	M	MS	MxMS
Miristik asit (C14:0)	BH	0.03±0.01de	0.04±0.01b-e	0.04±0.02b-e	0.05±0.01abc	0.04±0.00cde	0.04±0.00cde	0.04±0.01b-e	öd	**	**
	ÇH	0.03±0.01e	0.03±0.01e	0.04±0.01cde	0.05±0.00a-d	0.05±0.00a-d	0.05±0.01a-d	0.06±0.01ab			
	SK	0.04±0.02a-d	0.05±0.02a-d	0.05±0.01abc	0.06±0.00a	0.05±0.01abc	0.04±0.01de	0.03±0.00e			
Palmitik asit (C16:0)	BH	4.79±0.03c	4.80±0.04c	4.91±0.35bc	4.95±0.01b	4.94±0.01bc	4.81±0.01bc	4.82±0.02bc	***	***	***
	ÇH	3.96±0.07g	3.92±0.03g	3.95±0.03g	3.96±0.02g	3.95±0.01g	5.24±0.02a	5.26±0.00a			
	SK	4.59±0.17d	4.43±0.02ef	4.33±0.11f	4.36±0.03ef	4.38±0.02ef	4.46±0.06def	4.51±0.02de			
Palmitoleik asit (C16:1)	BH	0.11±0.01a-d	0.11±0.02b-e	0.12±0.01ab	0.10±0.01b-f	0.11±0.01b-f	0.10±0.01d-h	0.09±0.01e-h	***	***	***
	ÇH	0.10±0.04b-f	0.08±0.02g-j	0.08±0.01hij	0.07±0.01ij	0.07±0.01j	0.13±0.01a	0.10±0.01b-f			
	SK	0.09±0.01e-h	0.09±0.01f-i	0.09±0.02e-h	0.08±0.00hij	0.08±0.01g-j	0.12±0.01abc	0.10±0.00c-g			
Margarik asit (C17:0)	BH	0.05±0.01abc	0.05±0.01abc	0.06±0.01ab	0.05±0.00bcd	0.06±0.01ab	0.06±0.01ab	0.06±0.00ab	***	***	***
	ÇH	0.03±0.01ef	0.02±0.01f	0.02±0.01f	0.04±0.00de	0.04±0.01cd	0.06±0.01a	0.06±0.00ab			
	SK	0.04±0.01de	0.05±0.00bcd	0.05±0.01bcd	0.05±0.01abc	0.06±0.01ab	0.06±0.01ab	0.06±0.01ab			
Heptadesenoik asit (C17:1)	BH	0.05±0.01bcd	0.06±0.01bc	0.06±0.01b	0.06±0.00b	0.06±0.01bcd	0.08±0.01a	0.07±0.01a	***	***	*
	ÇH	0.04±0.00e	0.04±0.01de	0.05±0.01cde	0.05±0.01b-e	0.06±0.00b	0.05±0.00b-e	0.06±0.01bc			
	SK	0.05±0.01bcd	0.04±0.01de	0.05±0.01b-e	0.05±0.01bcd	0.05±0.00b-e	0.06±0.01b-c	0.05±0.01bcd			
Stearik asit (C18:0)	BH	1.90±0.02cde	1.86±0.01de	1.85±0.04e	1.86±0.01de	1.92±0.03cd	2.24±0.01b	2.27±0.01b	***	***	***
	ÇH	1.94±0.02c	1.91±0.02cde	1.92±0.02cd	1.92±0.02cd	1.94±0.01c	2.55±0.00a	2.56±0.03a			
	SK	1.71±0.03fg	1.67±0.15g	1.73±0.09fg	1.76±0.04f	1.73±0.03fg	2.24±0.03b	2.24±0.01b			
Oleik asit (C18:1)	BH	81.37±0.23de	81.50±0.04d	81.26±0.23ef	81.09±0.04fg	81.04±0.03g	83.67±0.02b	83.65±0.01b	***	***	***
	ÇH	82.77±0.11c	82.86±0.11c	82.81±0.08c	82.79±0.02c	82.75±0.02c	83.72±0.00ab	83.70±0.01ab			
	SK	82.79±0.22c	82.73±0.26c	82.84±0.20c	82.70±0.02c	82.70±0.02c	83.88±0.03a	83.89±0.01a			
Linoleik asit (C18:2)	BH	11.37±0.22ab	11.28±0.03b	11.41±0.16ab	11.50±0.01a	11.51±0.03a	8.68±0.01h	8.70±0.03h	***	***	***
	ÇH	10.79±0.13cd	10.82±0.12c	10.77±0.07cd	10.75±0.01cde	10.78±0.01cd	7.79±0.03i	7.79±0.02i			
	SK	10.38±0.22f	10.66±0.07def	10.55±0.13f	10.61±0.01ef	10.61±0.01ef	8.81±0.07h	8.77±0.02h			
Linolenik asit (C18:3)	BH	0.10±0.01b-e	0.10±0.00cde	0.11±0.01abc	0.12±0.00a	0.11±0.01ab	0.10±0.01def	0.09±0.01ef	**	***	*
	ÇH	0.11±0.01ab	0.10±0.01b-e	0.12±0.01a	0.11±0.01ab	0.10±0.00cde	0.11±0.01bcd	0.09±0.01ef			
	SK	0.10±0.01b-e	0.10±0.00cde	0.10±0.01b-e	0.10±0.01b-e	0.11±0.01bcd	0.09±0.01ef	0.09±0.01f			
Araşidik asit (C20:0)	BH	0.08±0.00	0.08±0.01	0.07±0.01	0.07±0.01	0.08±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	***	***	öd
	ÇH	0.07±0.01	0.07±0.01	0.08±0.01	0.08±0.00	0.08±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01			
	SK	0.06±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01	0.07±0.01	0.07±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01			
Eikosenoik asit (C20:1)	BH	0.05±0.00	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	öd	öd	öd
	ÇH	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01			
	SK	0.06±0.01	0.05±0.01±	0.06±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01			
Behenik asit (C22:0)	BH	0.05±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.00	***	öd	öd
	ÇH	0.04±0.01	0.05±0.01	0.07±0.01	0.06±0.01	0.07±0.01	0.06±0.01	0.06±0.00			
	SK	0.04±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01			
Nervonik asit (C24:1)	BH	0.02±0.01	0.02±0.00	0.03±0.00	0.04±0.01	0.04±0.00	0.04±0.01	0.04±0.00	**	***	öd
	ÇH	0.03±0.02	0.03±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.05±0.00	0.05±0.01	0.06±0.01			
	SK	0.02±0.01	0.02±0.01	0.04±0.02	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01			

M: Metot, MS: Muhafaza süresi, BH: Beton harman, ÇH: Çimen harman, ve SK: Suni kurutma. Ortalama ± SD şeklinde ifade edilmiştir.

Kurutma yöntemleri ve muhafaza süreleri arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.

Önem seviyeleri; \*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ , \*\*\*:  $P < 0.001$  ve öd: önemli değil

**Tablo 2.** Kurutma yöntemlerinin 18 ay muhafaza süresince fındığın toplam yağ asitleri üzerine etkileri

Ö	M	MS (Ay)							Önemlilik		
		0	3	6	9	12	15	18	M	MS	MxMS
Doymuş yağ asitleri (%)	BH	6.91±0.04de	6.88±0.04e	6.96±0.31cde	7.04±0.03cd	7.08±0.03c	7.29±0.02b	7.33±0.04b	***	***	***
	ÇH	6.10±0.08i	6.01±0.03i	6.07±0.04i	6.11±0.02hi	6.13±0.01hi	8.07±0.03a	8.10±0.02a			
	SK	6.49±0.16fg	6.30±0.19g	6.27±0.09gh	6.35±0.01fg	6.34±0.02fg	6.93±0.04cde	6.98±0.01cde			
Tekli doymamış yağ asitleri (%)	BH	81.52±0.23ef	81.74±0.06e	81.52±0.24ef	81.34±0.04f	81.30±0.02f	83.93±0.01ab	83.90±0.02b	***	***	***
	ÇH	83.02±0.09cd	83.25±0.41c	83.03±0.08cd	83.02±0.01cd	82.99±0.02d	84.04±0.02ab	84.02±0.01ab			
	SK	83.02±0.21cd	82.94±0.25d	83.08±0.21cd	82.93±0.02d	82.94±0.02d	84.16±0.04a	84.17±0.02a			
Çoklu doymamış yağ asitleri (%)	BH	11.47±0.22a	11.38±0.03b	11.52±0.16ab	11.62±0.01a	11.62±0.03a	8.78±0.01h	8.79±0.04h	***	***	***
	ÇH	10.91±0.12cd	10.92±0.12c	10.89±0.08cd	10.86±0.01cde	10.88±0.01cd	7.89±0.03i	7.88±0.02i			
	SK	10.49±0.22f	10.76±0.07def	10.65±0.13f	10.72±0.01ef	10.72±0.01ef	8.90±0.08h	8.86±0.03h			
Tekli doymamış + Çoklu doymamış/Doymuş yağ asitleri	BH	13.54±0.07e	13.54±0.08e	13.39±0.65ef	13.21±0.05ef	13.12±0.06f	12.72±0.03g	12.65±0.08g	***	***	***
	ÇH	15.43±0.21ab	15.47±0.07ab	15.47±0.11ab	15.36±0.04ab	15.31±0.03b	11.39±0.04h	11.35±0.03h			
	SK	14.41±0.38cd	14.87±0.47c	14.96±0.23c	14.75±0.02cd	14.77±0.05c	13.42±0.08ef	13.33±0.02ef			

Ö: Özellik, M: Metot, MS: Muhafaza süresi, BH: Beton harman, ÇH: Çimen harman, ve SK: Suni kurutma. Ortalama ± SD şeklinde ifade edilmiştir.

Kurutma yöntemleri ve muhafaza süreleri arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.

Önem seviyeleri; \*: P < 0.05, \*\*: P < 0.01, \*\*\*: P < 0.001 ve öd: önemli değil

Muhafaza süresince bazı dönemlerde küçük dalgalanmalar olmakla birlikte başka çalışmalarda olduğu gibi (Turan, 2018a; Turan, 2019) DYA değeri artış göstermiştir. Ancak Belviso ve ark. (2017) muhafaza süresince çeşitlerin farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Örneğin, DYA oranı muhafaza süresince İtalyan çeşitlerinden olan Tonda Gentile Trilobata (TGT) azalış göstermiş (%9.73–9.32), ancak Ordu fındıklarında ise artış (%7.37–7.61) göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlardan fındık çeşitlerinin muhafaza süresince DYA değeri bakımından farklılıklar gösterdiği söylenebilir.

ÇH ve SK ortamlarında en yüksek TDY değeri (%83.02) tespit edilirken en düşük değer ise BH ortamında (%81.52) bulunmuş ve diğer ortamlardan kurutma yöntemleri bakımından farklılık göstermiştir (Tablo 2; P < 0.001). Kurutma yöntemlerinin TDY değerini etkilediğini bildiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Delgado ve ark., 2016; Turan, 2018a–b; Turan, 2019). Ancak bu çalışmalarda kurutma yöntemlerine göre farklılık olduğu gözlenmiştir. Örneğin, Turan (2018b) en yüksek TDY değerinin SK (%84.80), orta düzeyinin BH (%84.48), en düşük değer ÇH (%84.12) ortamında olduğunu ve Turan (2018a) en yüksek

değerin BH (%85.03), orta düzeyin ÇH (%84.88) ve en düşük değer SK (%84.38) ortamında olduğunu bildirmiştir. Muhafaza süresince ise önceki çalışmaların aksine (Delgado ve ark., 2017; Belviso ve ark., 2017; Turan, 2018a–b; Turan, 2019) TDY bazı dönemlerde farklılık göstermekle birlikte artış göstermiştir. Tespit edilen bu farklılıklar Delgado ve ark. (2016) ve Turan (2018b)'ye göre çeşit farkından, Özcan ve ark. (2018)'na göre ise ısıtma süreçlerinden kaynaklanmış olabilir.

Genel olarak linoleik ve linolenik yağ asitler ÇDY değerinin ana grubunu oluşturduğu bilinmektedir (Delgado ve ark., 2017; Juhami ve ark., 2018; Turan, 2018a–b; Turan, 2019). Bu yağ asitlerinin ise ~%99.01'ünü linoleik asit ve ~%0.10'ünü linolenik yağ asidi oluşturmuştur (Tablo 2). BH ortamında en yüksek ÇDY değeri tespit edilmişken (%11.47), en düşük değer ise SK (%10.49) ortamında kaydedilmiş ve yöntemler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (P < 0.001). Muhafaza süresince ise genelde azalma eğilimi görülmüş ve özellikle 12. aydan sonra büyük bir düşüş kaydedilmiştir (sırasıyla; BH, ÇH ve SK; %11.62–8.79, %10.88–7.88 ve %10.72–8.86). Çalışmamızın

aksine Turan (2018a) ve Turan (2019) güneşte kurutulan fındıklarda muhafaza süresince ÇDY değerinin artış, SK ortamlarında ise azalış gösterdiğini bildirmiştir.

TDY+ÇDY/DYA oranı genel olarak Tombul fındık çeşidinde diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu bilinmekte (Turan, 2018b) ve ayrıca Belviso ve ark. (2017)'na göre ise Türk fındık çeşitlerinde İtalyan çeşitlerine göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda kurutma yöntemlerinin etkisi (Turan 2018a) ve Turan (2019)'a benzer şekilde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ( $P<0.001$ ) ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Muhafaza süresince Ghirardello ve ark. (2013) ve Belviso ve ark. (2017)'de olduğu gibi azalma göstermiş ve bu azalma (sırasıyla; BH ve ÇH; %13.54–12.65 ve %15.43–11.35) güneşte kurutulan fındıklarda daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu durum ise muhtemelen doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu ve daha sonra da kaybolması neticesinde gerçekleşmiştir (Turan, 2018a).

### Yağ Oksidasyonu

Oleik ve linoleik yağ asitleri toplam yağ asitlerinin ~%94.00'lük kısmını oluşturmaktadır (Tablo 2) ve bu yüzden fındıklar oksidasyona karşı oldukça hassastırlar (Alaşalvar ve ark., 2010; Turan, 2018a). Ayrıca oleik ve linoleik asit oranı meyve kalitesini değerlendirmede önemli bir kriter olarak kullanılmakta ve bu oranın yüksek olması oksidasyona karşı dayanıklılık göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Belviso ve ark., 2017; Turan, 2018a). Bu yüzden çalışmamızda SK kurutma ortamı diğer ortamlara göre yağ oksidasyonuna karşı daha etkili olduğu söylenebilir. Çünkü en yüksek değer SK (%7.97) ve en düşük değer ise BH (%7.16) ortamında kaydedilmiş (Şekil 2A) ve yöntemler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Muhafaza süresince O/L değeri tüm ortamlarda artış göstererek bazı dönemlerde Belviso ve ark. (2017), Turan (2018a) ve Turan (2019) ile benzerlik, bazı dönemlerde ise

farklılık göstermiştir. Muhafaza süresince artış göstermesi ile Turan (2018a)'daki SK ortamındaki davranışa benzer şekilde artmış, ancak aynı çalışmadaki BH ve ÇH ortamları ile diğer çalışmalarda görülen azalmanın aksi yönde davranış göstererek farklılık arz etmiştir. Ayrıca O/L değerinin başka çalışmalarda çeşitlere göre farklılık gösterdiği görülmüştür (Amaral ve ark., 2006; Alaşalvar ve ark., 2010; Turan, 2018b). İyot değeri (İD) yağların doymamışlık seviyesinin bir ölçü birimi olarak bilinmekte (Turan, 2019) ve yüksek olması oksidasyona karşı hassasiyet olarak değerlendirilmektedir (Belviso ve ark., 2017; Turan, 2018a–b).

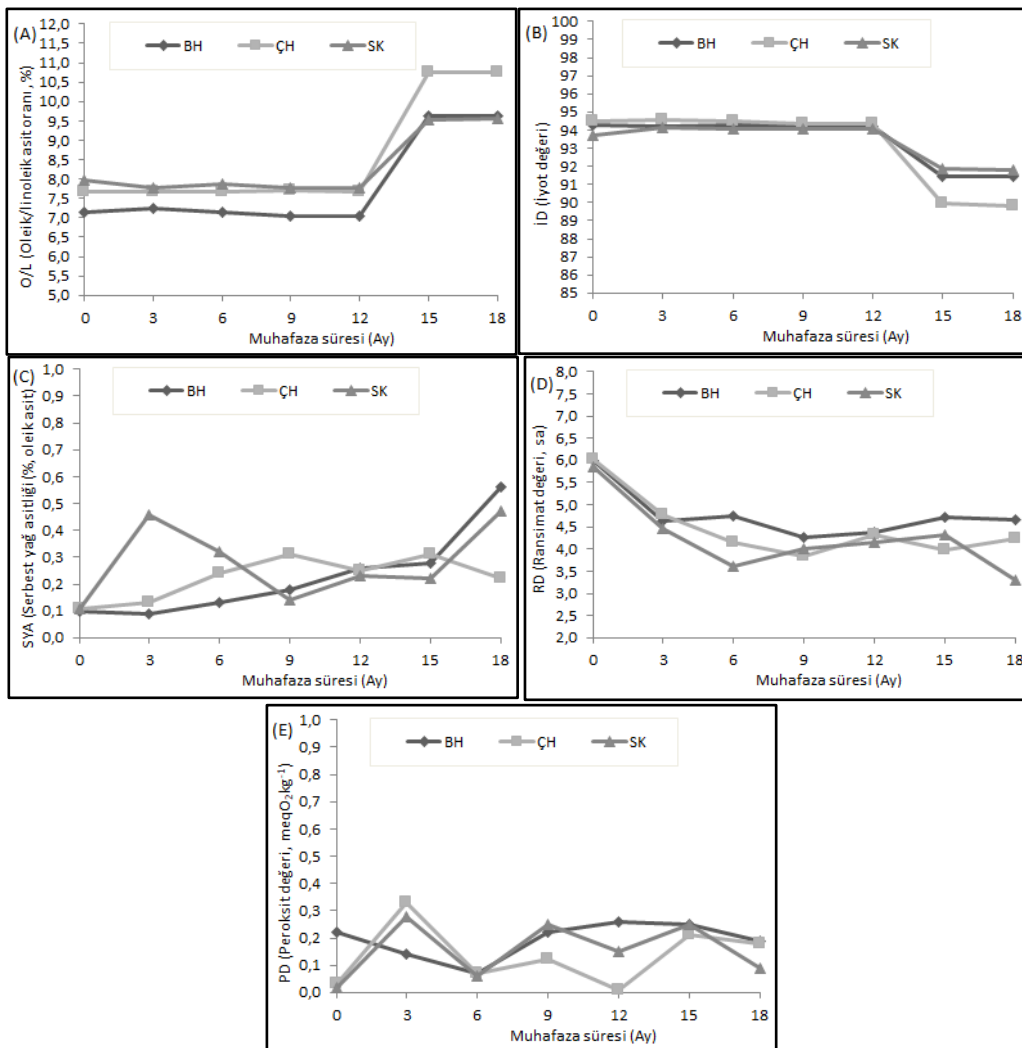
Çalışmamızda en düşük değer SK (93.72) ortamında kaydedilmesi nedeniyle oksidasyona karşı en etkili ortam olarak değerlendirilebilir (Şekil 2B). Turan (2018b) SK ortamında en düşük İD verisi ile bizim bulgularla benzerlik, Turan (2018a) ve Turan (2019) ise en yüksek İD ile farklılık göstermiştir. Muhafaza süresince ise İD Turan (2019)'da olduğu gibi azalma göstermiştir. Ancak Turan (2018a) ise İD'nin muhafaza süresince ortamlara göre farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Örneğin, muhafaza süresince güneşte kurutulan fındıklarda azalma, SK ortamında artış olduğu görülmüştür. Bu özelliğin muhafaza süresince azalması yağ oksidasyonunun göstergesi olarak değerlendirildiği için (Turan, 2018a) özellikle 15. aydan sonra İD'de yaşanan hızlı azalma nedeniyle ortam şartlarında fındıkların bir yıldan daha uzun süreli muhafazasının çok dikkatli yürütülmesi gerektiği görülmüştür.

Serbest yağ asitliği (SYA) kalite kaybının ilk göstergesi olarak kabul edilmekte (Turan ve İslam, 2016; Turan, 2019; Turan ve Karaosmanoğlu, 2019) ve %1'in üzerine çıkması durumunda ise fındıklar bozulmuş olup satın alınmamaktadır. Kurutma yöntemleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuş, detaylı şekilde Şekil 2C'de verilmiş ve başka çalışmalarla paralellik göstermiştir (Tavakolipour ve ark., 2010; Venkitasamy ve

ark., 2017; Turan, 2018b). Ancak Kashaninejad ve ark. (2003) kurutma yöntemlerinin antep fıstıklarında SYA değeri üzerine etkisinin önemli olmadığını bildirmiştir. Çalışmamızda olduğu gibi muhafaza süresince genel olarak SYA değerinin yükseldiği bilinmektedir (Turan, 2019; Turan ve Karaosmanoğlu, 2019).

Kurutma yöntemleri ve muhafaza süresince ransimat değeri (RD) değişimi Şekil

2D’de verilmiştir. Kurutma yöntemlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $P<0.001$ ) ve muhafaza süresince RD’nin azaldığı görülmüştür. Muhafaza süresi ve şartlarına bağlı olarak RD’nin azaldığı bilinmektedir (Turan ve İslam, 2016; Turan, 2019). Çalışmamızda elde edilen değerler önceki çalışmalarla benzerlik göstermiştir (Turan ve İslam, 2018; Turan ve Karaosmanoğlu, 2019).



Şekil 2 Kurutma yöntemlerinin muhafaza süresince (20–25°C ve %70–90 bağıl nem) yağ oksidasyonu üzerine etkileri [oleik/linoleik asit (A), iyot değeri (B), sebest yağ asitliği (C), ransimat değeri (D) ve peroksit değeri (E)]. BH: beton harman, ÇH: çimen harman ve SK: suni kurutma. Ortalama±SD şeklinde ifade edilmiştir. Kurutma yöntemleri ve depolama süreleri arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir. Önem seviyeleri; \*,  $P<0.05$ ; \*\*,  $P<0.01$ ; \*\*\*,  $P<0.001$ ; ve “öd”, “önemli değil.”

Kurutma yöntemlerinin peroksit değeri (PD) üzerine etkisi önceki çalışmalarda olduğu gibi (Turan ve İslam, 2018a; Turan ve Karaosmanoğlu, 2019) önemli bulunmuş

( $P<0.001$ ) ve en düşük değer SK ( $0.02 \text{ meqO}_2\text{kg}^{-1}$ ) ortamında kaydedilmiştir (Şekil 2E). PD’nin muhafaza süresince bir maksimum değere ulaştıktan sonra düştüğü ve dalgalı bir seyir



gösterdiği bilinmektedir (Turan ve İslam, 2016; Turan ve İslam, 2018a). Bu durum, muhafaza sırasında PD'nin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesinden kaynaklanmaktadır (Turan, 2019). Çalışmamızda muhafaza süresi boyunca önceki çalışmalara benzer şekilde dalgalanma göstermekle birlikte PD yükselmiştir. Ancak Ghirardello ve ark. (2013) ve Raisi ve ark. (2015) PD'nin muhafaza süresi boyunca dalgalanmadan sürekli artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Tespit edilen bu farklılıkların oluşmasında çok sayıda faktörün rol oynadığı bilinmektedir (Amaral ve ark., 2006; Alaşalvar ve ark., 2010; Turan 2018a). Ayrıca tek bir çeşit içindeki tek bir meyve veya tek bir çotanak içindeki bir fındığın heterojenliği, bitki dokusunda çeşitli tipteki termal, mekanik veya enzimatik işlemlere karşı daha hassas olması da bu farklılıkta etkili olabilmektedir (Turan, 2019).

## SONUÇ

Bu çalışma Palaz fındık çeşidinde geleneksel ve suni kurutma yöntemlerinin fındığın yağ asitleri kompozisyonu ve yağ oksidasyonu üzerine etkileri konusunda yapılan ilk çalışmadır. Çalışma sonucunda kurutma yöntemleri ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Muhafaza süresince DYA, TDY artış, ÇDY ve TDY+ÇDY/DYA oranı azalış göstermiştir. BH'da ÇH ortamına göre daha düşük O/L, SYA ve daha yüksek İD ve RD kaydedilmiştir. Ayrıca SK'da BH ve ÇH ortamlarına göre daha yüksek O/L, daha düşük İD ve PD tespit edilmiştir. Bu yüzden suni kurutma ortamı güneşte kurutma ortamlarına göre yağ oksidasyonuna karşı daha etkili bulunmuştur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ODUBAP-TF1332), Altaş Yağ Sanayi (Ordu) ve Gürsoy Tarımsal Ürünler Gıda Sanayi A.Ş. (Ordu) tarafından desteklenmiştir. İstatistiksel

analizler için Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖNER'e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Alasalvar C, Pelvan E, Topal B, 2010. Effect of Roasting Oil and Fatty Acid Composition of Turkish Hazelnut Varieties (*Corylus avellana* L.). International Journal of Food Sciences and Nutrition, 61: 630–642.
- Amaral JS, Casal S, Citová I, Santos A, Seabra RM, Oliveira BPP, 2006. Characterization of Several Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars Based in Chemical, Fatty Acid and Sterol Composition. European Food Research and Technology, 222: 274–280.
- AOAC, 1990a. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, 5th ed. American Oil Chemist Society, USA.
- AOAC, 1990b. Oils and Fats, 15th ed. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington DC USA pp: 485–518.
- Belviso S, Bell BD, Giacosa S, Bertolino M, Ghirardello D, Giordano M, Rolle L, Gerbi V, Zeppa G, 2017. Chemical, Mechanical and Sensory Monitoring of Hot Air and Infrared Roasted Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) during Nine Months of Storage. Food Chemistry, 217: 398–408.
- Delgado T, Pereira JA, Ramalhosa E, Casal S, 2016. Effect of Hot Air Convective Drying on the Fatty Acid and Vitamin E Composition of Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Slices. European Food Research and Technology, 242: 1299–1306.
- Delgado T, Pereira JA, Ramalhosa E, Casal S, 2017. Comparison of Different Drying Methods on the Chemical and Sensory Properties of Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Slices. European Food Research and Technology, 243: 1957–1971.
- Ficarra A, Lo Fiego D, Minelli G, Antonelli A, 2010. Ultra Fast Analysis Of Subcutaneous Pork Fat. Food Chemistry, 121: 809–814.
- Ghirardello D, Contessa C, Valentini N, Zeppa G, Rolle R, Gerbi V, Botta R, 2013. Effect of Storage Condition on Chemical and Physical Characteristics of Hazelnut (*Corylus avellana* L.). Postharvest Biology and Technology, 81: 37–43.

- Hashempour A, Ghazvini RF, Bakhshi D, Sanam SA, 2010. Fatty Acids Composition And Pigments Changing Of Virgin Olive Oil (*Olea europea L.*) in Five Cultivars Grown in Iran. *Australian Journal of Crop Science*, 4: 258–263.
- Juhaimi FA, Özcan MM, Uslu N, Ghafoor K, 2018. The Effect of Drying Temperatures on Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, Fatty Acid Composition and Tocopherol Contents in Citrus and Oils. *European Food Research and Technology*, 55: 190–197.
- Kalkışım Ö, Turan A, Okcu Z, Özdes D, 2016. Evaluation of the Effect of Different Harvest Time on the Fruit Quality of Foşa Nut. *Erwerbs-Obstbau*, 58:89–92.
- Karaosmanoğlu H, Üstün NŞ, 2019. Variations in Fatty Acid Composition And Oxidative Stability of Some Hazelnut (*Corylus avellana L.*) Varieties Stored by Traditional Method. *Grasas y Aceites*, 70 (1): e288.
- Kashaninejad M, Tabil LG, Mortazavi A, Safeordi A, 2003. Effect of Drying Methods on Quality of Pistachio Nuts. *Drying Technology*, 21: 821–838.
- Köksal Aİ, 2018. Turkish Hazelnut Cultivars. Hazelnut Promotion Group, Ankara, Turkey. 182p.
- Özcan MM, Juhaimi FA, Uslu N, 2018. The Effect of Treatment of Phenolic Compounds and Fatty Acid Composition of Brazilian Nut and Hazelnut. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1): 376–380.
- Rabadan A, Alvarez-Orti M, Pardo JE, Alvarruiz A, 2018. Storage Stability and Composition Changes of Three Cold-Pressed Nut Oils Under Refrigeration and Room Temperature Conditions. *Food Chemistry*, 259: 31–35.
- Raisi M, Ghorbani M, Mahoonak AS, Kashaninejad M, 2015. Effect of Storage Atmosphere and Temperature on The Oxidative Stability of Almond Kernels During long-term Storage. *Journal of Stored Products Research*, 62: 16–21.
- Solak R, Turan S, Kurhan S, Erge HS, Karabulut İ, 2018. Thermal Oxidation Kinetics of Refined Hazelnut Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95: 497–508.
- Tavakolipour H, 2015. Postharvest operations of pistachio nuts. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1124–1130.
- Turan A, İslam A, 2016. Changes during Storage Period and the Drying Methods in the Çakıldak Hazelnut Cultivar. *Ordu University Journal of Science and Technology*, 6: 272–285.
- Turan A, İslam A, 2018a. Effect of Drying Methods on Some Chemical Characteristics of Hazelnuts (*Corylus avellana L.*) During Storage. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8 (3): 11–19.
- Turan A, İslam A, 2018b. Postharvest differences between ‘Tombul’ and ‘Palaz’. IX International Congress on Hazelnut, Samsun, August 15–18, 2017, pp: 351–358.
- Turan A, 2018a. Effect of Drying Methods on Nut Quality of Hazelnuts (*Corylus avellana L.*). *Journal of Food Science and Technology*, 11: 4554–4565.
- Turan A, 2018b. Effect of Drying Methods on Fatty Acid Profile and Oil Oxidation of Hazelnut Oil During Storage. *European Food Research and Technology*, 12: 2181–2190.
- Turan, A, 2019. Effect of Drying on the Chemical Composition of Çakıldak (cv) Hazelnuts during Storage. *Grasas y Aceites*, 70(1): e296.
- Turan A, Karaosmanoğlu H, 2019. Effect of Drying Methods on Long Term Storage of Hazelnut. *Food Science and Technology*, 1–7.
- Velasco J, Anderson ML, Skibsted LH, 2004. Evaluation of Oxidative Stability of Vegetable Oils by Monitoring The Tendency To Radical Formation. A Comparison of Electron Spins Resonance Spectroscopy with The Rancimat Method And Differential Scanning Calorimetry. *Food Chemistry*, 85: 623–632.
- Venkitasamy C, Brandl MT, Wang B, MvHugh TH, Zhang R, Pan Z, 2017. Drying and Decontamination of Raw Pistachios with Sequential Infrared Drying, Tempering and Hot Air Drying. *International Journal of Food Microbiology*, 246: 85–91.
- Wang W, Jung J, McGorin RJ, Traber MG, Leonard, GC, Zhao Y, 2018. Investigation of Drying Conditions on Bioactive Compounds, Lipid Oxidation, and Enzyme Activity of Oregon Hazelnuts (*Corylus avellana L.*). *LWT–Food Science and Technology*, 90: 526–534.