

TOMBUL FINDIK ÇEŞİDİNDE YAĞ OKSİDASYONUNU AZALTACAK KURUTMA YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİ

Ali Turan^{1*} Ali İslam²

¹Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Fındık Ekspertiği Programı, Giresun

²Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

Geliş / *Received*: 11.02.2019; Kabul / *Accepted*: 13.06.2019; Online baskı / *Published online*: 02.07.2019

Turan, A., İslam, A. (2019). Tombul fındık çeşidinde yağ oksidasyonunu azaltacak kurutma yönteminin belirlenmesi. *GIDA* (2019) 44 (4): 563-575 doi:10.15237/gida.GD19040

Turan, A., İslam, A. (2019). *Determination of drying method for reducing oil oxidation of Tombul (CV) hazelnut. GIDA* (2019) 44 (4): 563-575 doi:10.15237/gida.GD190402

ÖZ

Bu çalışma güneşte kurutma (beton harman ve çimen harman; BH, ÇH, sırasıyla) ve suni kurutma (SK) yöntemlerinin depolama süresince fındığın kimyasal özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Protein oranı, yağ oranı, nem oranı, su aktivitesi, aflatoxin, yağ asitleri kompozisyonu, toplam yağ asitleri ve yağ oksidasyon parametreleri 2014-2016 yılları arasında 18 ay ortam şartlarında (20–25°C ve %70–90 nisbi nem) muhafaza süresince incelenmiştir. Çalışma sonucunda tekli doymamış yağ asitleri (TDY) ana grubu oluşturmuş (%81.36–84.46), onu çoklu doymamış yağ asitleri (%9.41–12.18) ve doymuş yağ asitleri (%5.74–7.31) izlemiştir. SK ortamında güneşte kurutmaya göre daha yüksek TDY (%84.46) tespit edilmiştir. Ayrıca SK ortamında daha düşük iyot değeri ve daha yüksek oleik/linoleik değeri bulunmuştur. Bu yüzden SK “Tombul” fındık çeşidinin kurutulması için yeni bir potansiyel olabilir.

Anahtar kelimeler: Depolama, kurutma, yağ asitleri kompozisyonu, yağ oksidasyonu

DETERMINATION OF DRYING METHOD FOR REDUCING OIL OXIDATION OF TOMBUL (CV) HAZELNUT

ABSTRACT

This work was carried out to evaluate the effects of sun-dried (concrete ground and grass ground; CG, GG, respectively) and artificial dried (DM) on chemical properties of hazelnut during storage. The following parameters were measured; protein, lipid and moisture content, water activity, aflatoxin, fatty acid composition, total fatty acids, and oil oxidation along 18 months storage (2014–2016) at 20–25 °C and 70–90% relative humidity. The results showed that monounsaturated fatty acid (MUFA) was the main fatty acid group (81.36–84.46%) followed by polyunsaturated (9.41–12.18%) and saturated fatty acids (5.74–7.31%). Samples dried in DM had more MUFA (84.46%) than those sun-dried samples. Furthermore, the lowest iodine value and the highest oleic/linoleic acidity ratio were found in DM. Hence, DM could be as the new potential for Tombul (cv) hazelnut drying.

Keywords: Storage, drying, fatty acid composition, oil oxidation

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ ali.turan@giresun.edu.tr,

☎ (+90) 454 310 3005

☎ (+90) 454 216 54 57

GİRİŞ

Fındık dünya pazarlarında satılan en önemli sert kabuklu meyve türlerinden biridir ve şu anda Türkiye fındık üretim ve ticaretinin en fazla yapıldığı ülke durumundadır (Turan, 2018a). Ancak günümüze kadar fındıkta modern tekniklerin yaygınlaştırılması konusunda ülkemiz maalesef mesafe alamamıştır. Özellikle meyve kalitesini en fazla etkileyen hasat sonrası yöntemlerinden biri olan kurutma geleneksel olarak güneş altında beton ve çimen zemin üzerinde gerçekleştirilmektedir (Turan ve İslam, 2018). Bu yüzden de fındıklar kurutma ve muhafaza süresince yağ oksidasyonuna maruz kalmaktadır (Turan, 2018b).

Bilindiği gibi kurutma, tarımsal ürünlerde en eski muhafaza yöntemlerinden birisidir (Kaveh vd., 2018) ve gıdaların içerdiği suyun önemli bir kısmının uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır (Köse, 2018; Zhang vd., 2018). Fındıkların kalite özelliklerini kaybetmeden muhafaza edilebilmesi için ise kurutma süreci sonrasında iç fındık neminin %6 değerinin altında olması tavsiye edilmektedir (Wang vd., 2018). Ayrıca kurutma süresi meyve kalitesinin korunması bakımından hayati öneme sahiptir (Turan, 2019). Bu nedenle fındığın toplandıktan sonra zuruflarının ayrılması ve kısa sürede kurutulması büyük önem arz etmektedir. Çünkü geç kurutulan fındıklarda, küf gelişimi ve zararlılar tarafından hasar görme riski artmakta ve güneş ışığının altında uzun süre kurtulan fındıkların serbest yağ asitliğinin yükseldiği bilinmektedir (Fu vd., 2016; Qu vd., 2016; Turan, 2019). Ayrıca yüksek derecede doymamış yağ asitleri içeriğine sahip fındıklar kurutma sırasında oksijen ve yüksek sıcaklığa maruz kalmaları durumunda yağ oksidasyonuna karşı hassas duruma gelebilirler (Wang vd., 2018). Bu yüzden kurutma süreci yağ oksidasyonunu ve mikrobiyal aktivite gelişimini engellemek için çok dikkatli yürütülmelidir.

Türkiye’de geleneksel kurutma ortamlarından beton harmanın, çimen harmandan fındık kurutma için daha uygun ortam olduğuna dair genel bir kanı mevcuttur. Ancak bu konuda günümüze kadar birkaç çalışma haricinde bilimsel araştırmalara dayalı detaylı veri bulunmamaktadır

(Turan, 2018a). Dahası, Türk fındık çeşitlerinde suni ve geleneksel kurutma yöntemlerinin karşılaştırılması günümüze kadar kapsamlı bir şekilde maalesef yapılmamıştır (Turan ve İslam, 2016; Turan ve İslam, 2018; Turan, 2018b; Turan, 2019). Bu çalışma, geleneksel ve suni kurutma yöntemlerinin “Tombul” fındık çeşidinin kimyasal özellikleri üzerinde muhafazası süresi boyunca meydana getirdiği değişiklikleri araştırarak oksidasyonunu en düşük düzeyde etkileyen kurutma metodunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada kullanılan “Tombul” fındıklar Giresun İli Bulancak İlçesi Şemseddin Mahallesi’nde tek bir bahçeden alınmıştır (1 40°55’31.90” N, 38°14’00.71” E, 110 m). Örnek alınan bahçelerdeki dal sayısı ~5–7 dal/ocak, ocak arası mesafe ~3 m, dekara ocak sayısı ~60 bitki/da ve bahçe ~30 yaşındaki bitkilerden oluşmaktadır. Genellikle yılda iki defa dip sürgünü temizliği yapıldığı gözlenmiş, yaşlı dallar geleneksel yöntemlerle seyreltilmiş ancak bahçede gençleştirme tamamen yapılmamıştır. Gübreleme genelde Mart ayının ortasında ~1 kg/ocak olacak şekilde serpme 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 60–80 kg/da arasında değişkenlik göstermektedir.

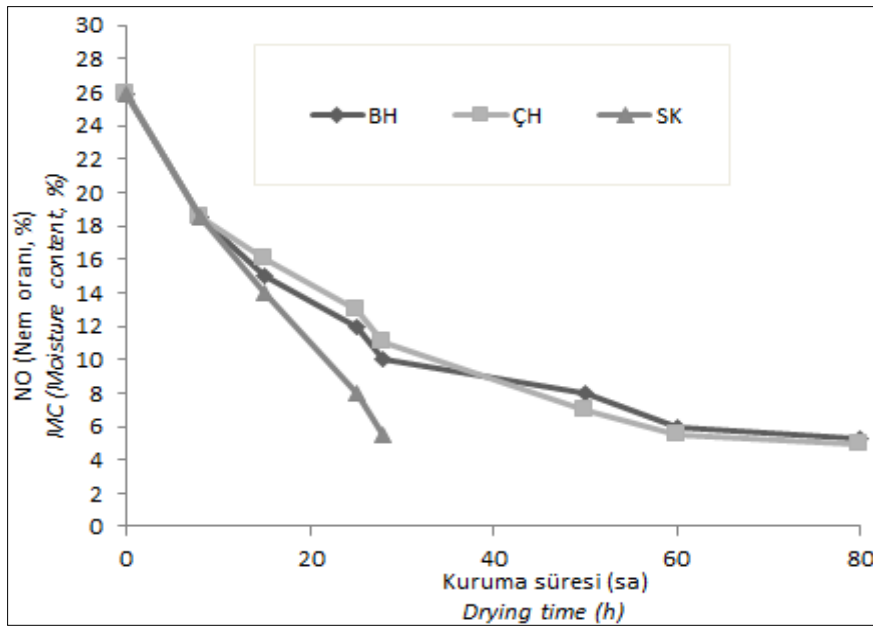
Yöntem

Kurutma yöntemleri

Hasat işlemi 08–19 Ağustos 2014 tarihleri arasında ~%25 nem değerinde (Refsan RK 55, Kütahya, Turkey) yerden hasat şeklinde gerçekleştirilmiştir (Turan ve İslam, 2016). Hasat edilen fındıklar çimen harmana serilmiş ve çotanaklı halde ~3 gün soldurulmuştur (Nem değeri %16.51). Soldurulan fındıklar (22 Ağustos 2014) daha sonra patoz yardımıyla (Dinçler Makine, FPHM 2500, Samsun, Turkey)

çotanaklarından ayrılmış ve kurutma işlemi için üç gruba ayrılmıştır. 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 Gümüšteş 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; [Turan ve İslam, 2018]) gerçekleştirilmiştir (~30 kg tesadüfen seçilmiş). Sıcak hava ventilator (1.5 m/s hava hızı) yardımıyla kurutucuya iletilmiş ve kurutma süresince arşimet vidası sürekli karıştırma işlemine devam etmiştir. Kurutma süresince 3 sa sıcak hava pompalanmış ve 1.5 sa durdurulmuştur. Bu 1.5 sa süresince ve kurutma süresince saat 20:00–08:00 arası dahil arşimet vidası karıştırma işlemine devam etmiştir. Kurutma işlemi iç fındık nem değeri %6'nın altına düşene kadar devam ettirilmiştir (Turan ve İslam, 2016). Kurutma süreci beton ve çimen harmanda 80 sa, kurutma makinesinde ise 28 sa sürmüştür. Kuruma süresi ve nem değerleri ile ilgili detaylar Şekil 1'de gösterilmiştir. Kurutma işlemi 22–26 Ağustos 2014 tarihleri arasında Ordu ili, Altınordu ilçesi, Karapınar mahallesi (40°58"17.53 K, 37°56"00.41 D, rakım 43 m), Organize Sanayi Bölgesinde (Ordu OSB, Gürsoy Tarımsal Ürünler Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. Entegre Tesisi) yürütülmüştür (Turan, 2018a; Turan, 2019).



Şekil 1 Fındığın suni ve güneşte kuruma süreleri ile kuruma eğrisi (Güneşte kurutma: BH; Beton harman, ÇH; Çimen Harman ve SK; Suni kurutma)

Figure 1 Drying graph for in-shell hazelnut during conventional (sun-dried: BH; concrete ground and ÇH; grass ground) and artificial dried (SK).

Depolama şartları

Kurutulmuş fındıklar 10 kg jüt çuvallarda, palet üzerinde adi depo şartlarında (20–25°C ve 70%–90 nispi nem) 18 ay depolanmıştır.

Yağ ekstraksiyonu

Fındık yağı Ceselsan soğuk pres yağ ekstraksiyon sistemi ile (AISI3004, Ceselsan, Giresun, Türkiye) elde edilmiştir (Basınç kuvveti: 10000 kgf, basınç: 34.7 MPa, sıcaklık: –°C ~+45 °C ve kapasite; 250 g iç fındık; Turan, 2018a).

Protein ve yağ oranı

Protein oranı AOAC standart metoduna göre (N×6.25), 0.5 g örnek kullanılmış ve makro Kjehldahl metodu (metot 940.26) ile (Velp UDK 149, Europe), yağ oranı ise AOAC metoduna göre (AOAC, 2000), 5 g örneğin soxhlet cihazında (110°C sıcaklık) petrol eteri ekstraksiyonu (metot 960.39) ile elde edilmiştir (Velp Ser 148, Milano, Italy).

Nem oranı ve su aktivitesi

Nem oranı, Türk Standartları Enstitüsü (EN ISO 65-2000)–TS 3075/T1 iç fındık standardına göre yapılmıştır (Kösal, 2018; Turan, 2019). Kıyılmış fındıklar (Fakir Motto 800 w, Germany) 105°C sıcaklıkta sabit bir ağırlığa (Refsan RK 55, Kütahya, Turkey) ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Su aktivitesi ise (a_w) Novasina a_w Sprint TH 500 (Switzerland) cihazı kullanılarak yapılmıştır (WAA, 2004).

Aflatoksin miktarının belirlenmesi

Total aflatoksin (AF) ve aflatoksin B1 (AFB1) HPLC cihazı (Shimadzu, c2101390892100, RF:10AXL, Japan) kullanılarak elde edilmiştir. 125±0.1 g örnek 0.01 g hassasiyette terazide tartılmış, 4 g NaCl, 150 ml CH₃OH+25 ml saf su ile 3 dk karıştırılmış ve katlı filtre kağıdından süzülüdür. Süzülen örnekten 10 ml alınmış ve 10 ml saf su ile karıştırılmış, toplam 20 ml karışımdan 10 ml immunoafinity kolondan (1-2 damla/s) geçirilmiştir. 1 ml CH₃OH kolondan geçirilerek aflatoksin elüe edilmiş (1 damla/s), 1 ml HPLC grade saf su kolondan geçirilmiş (2 damla/s) ve 5 ml hacimli anber cam kaptan toplanmıştır (toplam hacim 2 ml). 50 µl'si HPLC cihazına enjekte edilmiş ve toplam aflatoksin ve

aflatoksin B1; m (ng/g) =50 g/250 mLX5 mL/2 mL formülü ile hesaplanmıştır (Turan ve İslam, 2018).

Yağ asitleri kompozisyonu

Yağ asitleri kompozisyonu gaz kromatografisi ile (Shimadzu GC–2010, Tokyo, Japan), yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesinde ise Ficarra et al. (2010)'a küçük modifikasyon yapılarak Turan (2018a) ve Turan (2019)'a göre yapılmıştır.

Oksidasyon parametreleri

Serbest yağ asitliği (metot Cd 3d-63) AOCS Standard Method (AOCS, 2004)'a, peroksit değeri (metot Cd 8-53) AOCS (AOCS, 2004) (Metrohm, Dosimat 799, Switzerland), ransimat değeri, rancimat 743 device (Metrohm, Switzerland; Velasco vd. 2004)'e göre yapılmıştır. İyot değeri (ID) ise yağ asitleri yüzdesi (Hashempour vd., 2010; Belviso vd., 2017; Turan, 2018a; Turan, 2019) ile hesaplanmıştır (1).

$$ID=(C16:1 \times 1.901)+(C18:1 \times 0.899)+ \\ (C18:2 \times 1.814)+(C18:3 \times 2.737) \quad (1)$$

İstatistiksel analizler

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tanımlayıcı istatistikler SPSS v. 22.0'e göre (Armok, New York: IBM Corp.), istatistiki testler ise SAS–JAMP v. 10.0 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina) kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Protein oranı

Protein oranı (PO) üzerine kurutma yöntemleri ve muhafaza süresinin etkisi ile ilgili veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Kurutma yöntemlerinin protein oranına etkisi önemli bulunmuş ($P < 0.05$; Çizelge 1), ve bu değer %4.15 (SK, 12. ay) ve %16.71 (SK, 18. ay) aralığında değişmiştir. Çalışmamız, Delgado vd. (2017) tarafından kestanelerde (7.00–8.52 g/100 g kuru madde) tespit edilen sonuçlarla benzerlik göstermiş, ancak Turan ve İslam (2016) ve Kermani vd. (2017) tarafından elde edilen sonuçlarla farklılık göstermiştir. Protein oranı üzerine muhafaza süresinin etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.001$), muhafaza süresince PO değeri dalgalanma göstermekle

birlikte depolama sonundaki değerler başlangıç değerlerinden daha yüksek olmuştur (%15.61–16.71). PO değerinde yaşanan bu tür dalgalanmalar nem değerindeki değişimlerden kaynaklanmış olabilir, çünkü genel olarak muhafaza süresinin PO değerini etkilemediği

belirtilmektedir (Telgado vd., 2017). Ayrıca, Turan ve İslam (2016) ve Koç Güler vd. (2017) çalışmalarında, PO değerinin muhafaza süresince dalgalanmakla birlikte muhafaza süresince azaldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1 Kurutma yöntemlerinin 18 ay depolama süresince fındığın protein, yağ, nem oranı ve su aktivitesi değeri üzerine etkileri

Table 1 Effect of drying methods on protein, lipid and, moisture content and water activity of hazelnut during 18 months of storage periods

Ö/P	M/D	Muhafaza süreleri (ay)/Storage periods (months)							Önemlilik/Sign.	
		0	3	6	9	12	15	18	M/D	MS/S
PO/	BH/CG	16.08±0.10	16.24±0.44	15.78±0.31	16.45±1.11	15.38±0.09	15.76±0.25	16.47±0.11		
PC	ÇH/GG	15.61±0.37	15.66±0.25	15.25±0.46	15.78±0.10	15.38±0.09	15.87±0.19	16.16±0.00	*	*** öd/ns
(%)	SK/DM	15.84±0.54	15.74±0.55	14.73±0.00	15.72±0.36	14.15±0.09	15.70±0.25	16.71±1.92		
YO/	BH/CG	62.53±0.12	56.60±0.35	59.84±0.17	55.00±0.60	61.13±3.03	57.27±4.46	56.43±0.68	öd/ns	***
LC	ÇH/GG	61.80±0.53	55.53±0.31	59.70±3.21	55.81±5.76	59.67±0.50	55.47±0.51	56.84±0.46	öd/ns	
(%)	SK/DM	63.33±1.40	56.87±1.86	57.53±2.84	54.40±1.04	60.47±0.31	57.27±1.62	56.40±0.69		
NO/	BH/CG	4.12±0.03d	3.68±0.03h	3.12±0.03n	4.11±0.03d	4.13±0.03d	3.44±0.01k	3.30±0.03l		
MC	ÇH/GG	4.37±0.03a	3.57±0.03i	3.26±0.02m	4.19±0.01c	3.83±0.02f	3.50±0.01j	3.51±0.01j	***	*** ***
(%)	SK/DM	4.28±0.02b	3.52±0.03j	3.03±0.03o	4.05±0.02e	3.78±0.03g	3.50±0.01j	3.10±0.02n		
SA/	BH/CG	0.70±0.00a	0.47±0.01h	0.35±0.01l	0.60±0.01c	0.60±0.01c	0.52±0.00e	0.45±0.01j		
a_w	ÇH/GG	0.62±0.00b	0.46±0.01i	0.37±0.01k	0.60±0.00c	0.58±0.01d	0.52±0.00e	0.45±0.01j	***	*** ***
	SK/DM	0.60±0.01c	0.49±0.01g	0.35±0.01l	0.60±0.00c	0.60±0.01c	0.50±0.00f	0.45±0.01j		

Ö: Özellik, M: Metot, MS: Muhafaza süresi, BH: Beton harman, ÇH: Çimen harman ve SK: Suni kurutma. PO: Protein oranı, YO: Yağ oranı, NO: Nem oranı ve SA: Su aktivitesi. Ortalama±SD şeklinde ifade edilmiştir. Kurutma yöntemleri ve depolama süreleri arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir. Önem seviyeleri; *, **, *** ve “öd” $P < 0.05, 0.01, 0.001$ ve “önemli değil”

P: Parameter, D: Drying, S: Storage periods, CG: Concrete ground, GG: Grass ground and DM: Drying machine. PC: Protein content, LC: Lipid content, MC: Moisture content and a_w : Water activity. Values are expressed as mean ± standard deviation. Different letters in columns for each different drying, mean significantly different values among storage time. Significant level; *, **, *** and “ns” mean significance at $P < 0.05, 0.01, 0.001$ and “not significant”, respectively, between drying and storage time.

Yağ oranı

Çalışmamızda kurutma yöntemlerinin yağ oranı (YO) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ($P > 0.05$) ve depolama süresince YO değeri %54.40 (SK, 9. ay) 63.33 (SK, başlangıç) aralığında değişmiştir. Kurutma yöntemlerinin YO değerini etkilemediğini bildiren benzer çalışmaların yanı sıra (Turan ve İslam, 2016; Kermani vd., 2017), etkilediğini bildiren (2.22–3.13 g/100 g kuru madde) başka çalışmalarda bulunmaktadır (Delgado vd., 2017). Tespit edilen bu farklılıklar tür, çeşit ya da kurutma yöntemleri ve depolama koşulları gibi bazı etmenlerden kaynaklanmış olabilir. Muhafaza süresince ise beklendiği gibi YO değeri biraz dalgalanma göstermekle birlikte genel olarak azalma eğilimi göstermiştir ($P < 0.001$; Çizelge 1). Ortam şartlarında muhafaza edilen fındıklarda genel

olarak bu yönde bir eğilim gösterdiği bilinmektedir (Turan ve İslam, 2016). Ancak Ghirardello vd. (2013) ortam şartlarında muhafaza edilen fındıklarda YO değerinin arttığını, Koç Güler vd. (2017) ise etkilemediğini bildirmiştir. Tespit edilen bu farklılıklar muhtemelen ortam nemi, kabuk ya da iç fındık özellikleri farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Nem oranı

Fındıkların kalite özellikleri bozulmadan muhafaza edilmesi için nem değerinin (NO) %5 eşik değerini aşmaması önerilmektedir (Özdemir vd., 1998). Türkiye’de fındık alım esaslarına göre ise nem oranının $\leq 6\%$ altında olması gerektiği, aksi halde fındıkların satın alınmadığı bilinmektedir. Kurutma yöntemlerinin nem oranı üzerine etkisi istatistikî olarak önemli görülmüş (P

<0.001), ve en düşük değer %3.03 ile SK yönteminde 6. ayda, en yüksek değer ise %4.37 ile ÇH yönteminde başlangıçta belirlenmiştir. Muhafaza süresinin nem oranı üzerine etkisi ise istatistikî olarak önemli bulunmuş ($P < 0.001$; Çizelge 1) ve bu değer dalgalanma göstermekle birlikte genelde azalmıştır. Çalışmamızda olduğu gibi fındıkta nem değerinin muhafaza süresince genellikle azalmakla birlikte dalgalanma gösterdiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Turan ve İslam, 2016; Koç Güler vd., 2017; Turan, 2019).

Su aktivitesi

Su aktivitesi (a_w) gıdalarda yağ oksidasyonunu etkileyen en önemli parametrelerden birisi olarak görülmektedir (Turan, 2018a). Ayrıca a_w değeri 0.3-0.5 aralığında yağ oksidasyonunun oldukça düşük olduğu ve bu yüzden iç fındık neminin <%5 değerinin altında olması gerektiği bilinmektedir. Kurutma yöntemleri arasında Turan ve İslam (2016)'ın çalışmalarında olduğu gibi en yüksek değer BH ve ÇH (sırasıyla 0.70, 0.62) metodlarında, en düşük değer ise SK (0.60) metodunda belirlenmiş ve aradaki farklılık önemli görülmüştür ($P < 0.001$; Çizelge 1). Çalışmamızda a_w değeri NO değerinin değişimine benzer eğilim göstermiş ve muhafaza süresince 0.35 (BH ve SK, 6. ay)–0.70 (BH, başlangıç) aralığında seyretmiştir. a_w değerinin muhafaza süresince dalgalı eğilimi bazı dönemlerde Turan ve İslam (2016) ve Koç Güler vd. (2017) çalışmaları ile benzerlik gösterse de, muhafaza süresince azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Ayrıca a_w değerinin iki gün süreyle 0.83'ü aşması durumunda aflatoksinin oluşabileceği, bu nedenle eşik değerini asla aşmaması gerektiği bildirilmiştir (Özay vd., 2008). Çalışmamızda ise elde edilen a_w değerlerinin tamamı 0.72'nin altında olması sebebiyle böyle bir risk oluşmamıştır.

Aflatoksin

Türkiye'de fındıklar genellikle beton ya da çimen harmanda güneş altında kurutulmaktadır. Güneşte kurutma süresince ürünün iklime bağlı yeniden nem alma ihtimali yüzünden küf gelişimi ve mikotoksin riski yüksektir (Özay vd. 2008; Başaran, 2010; Turan ve İslam, 2018). Bu nedenle fındığın hızlı kurutulması ve nem değerinin %5'in

altına düşürülmesi büyük önem arz etmektedir. Aksi halde aflatoksin oluşum ve gelişimi sonucunda ürünün zarar görmesi muhtemeldir. Ancak çalışmamızda, beklenenin aksi yönde gelişme olmuş ve özellikle BH ve ÇH metodları ile muhafaza ortamı aflatoksin gelişimi için uygun koşulları sağlamasına rağmen söz konusu etmen tespit edilmemiştir (< 0.1 ng/g). Elde edilen bu verilerden, Turan ve İslam (2016) ve Turan ve İslam (2018)'de belirtildiği gibi aflatoksinin meyvenin gelişimi aşamasında oluşmıyorsa sonradan şartların uygun olması halinde bile gelişmediği görülmüştür.

Yağ asitleri kompozisyonu

Çizelge 2'de görüldüğü gibi Tombul çeşidi toplam 13 yağ asidi içermekte olup, bunlar arasında en yüksek oranda oleik asit (C18:1), bunu linoleik (C18:2), palmitik (C16:0), ve stearik (C18:0) yağ asitleri takip etmiş ve kurutma metodları ile depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P < 0.001$). Ayrıca çalışmada kaproik asit (C6:0), kaprilik (C8:0), kaprik (C10:0), laurik (C12:0), eikosadienoik (C20:2), erusik (C22:1), dokosadienoik (C22:2) ve lignoserik (C24:0) yağ asitleri tespit edilecek düzeyde bulunamamıştır (< 0.001). Çalışmamızda majör grup, toplam yağ asitlerinin ~%99.00'sini oluştururken minör grup ise toplam yağ asitlerinin ~%0.5' lik kısmını oluşturmuştur (Çizelge 2). Yağ asitleri kompozisyonu üzerine çeşit, orijin, yetiştirme koşulları, olgunluk, gübreleme, hasat zamanı, sezon, toprak tipi, iklim, rakım ve depolama koşulları gibi pek çok faktör etki etmektedir (Amaral vd., 2006; Alaşalvar vd., 2010; Hashempour vd., 2010; Jawnowicz ve Lenart, 2018). Örneğin, Tüfekçi ve Karataş (2018) Orta Karadeniz Bölgesi fındıklarının yüksek miktarda doymuş (%8.45) ve tekli doymamış yağ asidi (%83.45), fakat düşük miktarda çoklu doymamış yağ asidi (%7.8) içerdiğini, Doğu Karadeniz Bölgesi fındıklarının ise yüksek miktarda linoleik (%9.10) ve linolenik (%0.09) asit içerdiğini bildirmiştir. Ayrıca Alaşalvar vd. (2010) "Tombul" çeşidinin %5.61 palmitik (C16:0), %82.16 oleik (C18:1) ve % 8.26 linoleik (C18:2) asit içerdiğini, "Palaz" çeşidinin ise %6.64 palmitik (C16:0), %81.97 oleik (C18:1) ve %8.32 linoleik (C18:2) asit içerdiğini, Çakıldak çeşidinin

ise %5.02 palmitik (C16:0), %80.99 oleik (C18:1) ve %10.63 linoleik (C18:2) asit içerdiğini bildirmiştir. Turan (2018a) ise Ordu Levant

fındıklarının %3.84 palmitik (C16:0), %84.51 oleik (C18:1) ve %10.04 linoleik (C18:2) asit içerdiğini bildirmiştir.

Çizelge 2 Kurutma yöntemlerinin fındığın 18 ay depolama süresince yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkileri

Table 2 Effect of drying methods on fatty acids composition of hazelnut during 18 months of storage periods.

Ö/P	M/D	Muhafaza süreleri (ay)/ Storage periods (months)							Önemlili k/ Sign.
		0	3	6	9	12	15	18	
C14:O (%)	BH/CG	0.02±0.01de	0.02±0.01de	0.02±0.00e	0.03±0.01de	0.04±0.00c	0.05±0.01abc	0.05±0.00ab	*** **
	ÇH/GG	0.02±0.01de	0.02±0.01de	0.04±0.00c	0.05±0.01abc	0.04±0.01bc	0.05±0.01a	0.05±0.00ab	
	SK/DM	0.03±0.01d	0.03±0.01d	0.04±0.01bc	0.05±0.00ab	0.05±0.01abc	0.05±0.00ab	0.04±0.01bc	
C1:O (%)	BH/CG	4.19±0.11de	4.19±0.11de	4.29±0.03cde	4.31±0.02cd	4.29±0.02cde	4.53±0.02b	4.53±0.01b	*** **
	ÇH/GG	3.80±0.16gh	3.71±0.10h	3.78±0.01gh	3.79±0.01gh	3.78±0.01gh	4.39±0.01bc	4.40±0.01bc	
	SK/DM	3.94±0.07fg	3.94±0.05fg	4.75±0.44a	4.40±0.01bc	4.39±0.03bc	4.13±0.02de	4.12±0.01ef	
C16:1 (%)	BH/CG	0.08±0.01bc	0.09±0.01bc	0.08±0.01cde	0.07±0.01def	0.08±0.01cde	0.10±0.01ab	0.10±0.00a	*** **
	ÇH/GG	0.07±0.01cde	0.09±0.01bc	0.08±0.01cd	0.09±0.01bc	0.10±0.01ab	0.07±0.01def	0.08±0.01cde	
	SK/DM	0.07±0.01efg	0.07±0.01efg	0.05±0.01h	0.06±0.01fgh	0.06±0.00gh	0.08±0.01cde	0.07±0.01def	
C17:O (%)	BH/CG	0.02±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01	0.03±0.00	0.05±0.01	0.05±0.00	*** **
	ÇH/GG	0.03±0.00	0.03±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01	0.04±0.01	0.06±0.00	0.05±0.01	
	SK/DM	0.03±0.01	0.04±0.01	0.03±0.02	0.05±0.01	0.05±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00	
C17:1 (%)	BH/CG	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01	0.05±0.01	öd/ ns
	ÇH/GG	0.05±0.01	0.06±0.01	0.05±0.00	0.04±0.01	0.04±0.00	0.06±0.01	0.05±0.01	
	SK/DM	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.03	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.00	0.05±0.01	
C18:0 (%)	BH/CG	1.93±0.04cd	1.93±0.04cd	1.90±0.03cde	1.87±0.01def	1.86±0.01efg	2.56±0.01a	2.54±0.01a	*** **
	ÇH/GG	1.85±0.05efg	1.86±0.05efg	1.79±0.06gh	1.80±0.02fgh	1.80±0.01fgh	1.60±0.01i	1.55±0.01i	
	SK/DM	2.09±0.16b	1.95±0.01c	1.87±0.03de	1.80±0.02fgh	1.78±0.01h	2.11±0.02b	2.09±0.02b	
C18:1 (%)	BH/CG	84.17±0.03a	84.14±0.05ab	84.02±0.02ac	84.02±0.01abc	84.00±0.02a-d	81.90±0.02g	81.91±0.02g	*** **
	ÇH/GG	83.92±0.06bd	83.90±0.02bd	83.91±0.04bd	83.79±0.01cd	83.77±0.03d	82.10±0.02g	82.10±0.01g	
	SK/DM	84.22±0.19a	84.03±0.06ab	82.75±0.62e	82.50±0.05f	82.50±0.01f	81.11±0.05h	81.11±0.02h	
C18:2 (%)	BH/CG	9.31±0.17f	9.32±0.17f	9.35±0.01f	9.37±0.02f	9.37±0.03f	10.35±0.00d	10.34±0.02d	*** **
	ÇH/GG	9.91±0.07e	10.00±0.03e	9.99±0.02e	10.12±0.02de	10.11±0.03de	11.35±0.03b	11.40±0.02b	
	SK/DM	9.19±0.05f	9.51±0.09f	10.12±0.87de	10.73±0.03c	10.78±0.03c	12.05±0.05a	12.10±0.01a	
C18:3 (%)	BH/CG	0.09±0.01def	0.09±0.01def	0.10±0.01cde	0.09±0.01def	0.10±0.01cde	0.10±0.01cde	0.09±0.01def	*** **
	ÇH/GG	0.11±0.02ab	0.12±0.01a	0.10±0.00cd	0.09±0.01efg	0.10±0.01cde	0.10±0.00cd	0.10±0.01cde	
	SK/DM	0.12±0.01a	0.12±0.01a	0.12±0.01ab	0.11±0.01bc	0.10±0.01cde	0.08±0.01fg	0.08±0.00g	
C20:0 (%)	BH/CG	0.07±0.01f	0.06±0.01f	0.07±0.01ef	0.06±0.01f	0.07±0.01ef	0.08±0.01bc	0.09±0.01ab	*** **
	ÇH/GG	0.08±0.00bcd	0.08±0.01cd	0.08±0.00bcd	0.09±0.01ab	0.08±0.01bc	0.08±0.01bc	0.09±0.01ab	
	SK/DM	0.07±0.01de	0.08±0.01cd	0.08±0.01cd	0.08±0.00bcd	0.08±0.01bc	0.09±0.01a	0.09±0.01ab	
C20:1 (%)	BH/CG	0.03±0.01hi	0.03±0.01hi	0.03±0.00i	0.03±0.01i	0.04±0.00h	0.10±0.00a	0.10±0.00a	*** **
	ÇH/GG	0.06±0.01cde	0.07±0.01bcd	0.07±0.01bcd	0.06±0.01def	0.06±0.01efg	0.05±0.01fg	0.05±0.00g	
	SK/DM	0.07±0.02b	0.07±0.00bc	0.06±0.01efg	0.06±0.00def	0.06±0.01efg	0.06±0.01efg	0.05±0.00g	
C22:0 (%)	BH/CG	0.04±0.01efg	0.03±0.01fg	0.03±0.01g	0.03±0.01fg	0.04±0.01efg	0.05±0.00abc	0.05±0.01bcd	*** **
	ÇH/GG	0.04±0.01def	0.04±0.01cde	0.05±0.01bcd	0.04±0.01cde	0.05±0.01bcd	0.04±0.00def	0.05±0.01bcd	
	SK/DM	0.05±0.01ab	0.05±0.01ab	0.03±0.01fg	0.05±0.00abc	0.05±0.01ab	0.06±0.01a	0.05±0.01ab	
C24:1 (%)	BH/CG	0.04±0.01e-h	0.04±0.01e-h	0.04±0.01efg	0.05±0.01ef	0.04±0.01efg	0.09±0.01b	0.10±0.00a	*** **
	ÇH/GG	0.02±0.01i	0.03±0.01hi	0.04±0.01f-I	0.04±0.01f-I	0.03±0.01ghi	0.05±0.01ef	0.05±0.00de	
	SK/DM	0.04±0.01efg	0.05±0.00de	0.05±0.01de	0.06±0.00cd	0.05±0.01ef	0.06±0.01c	0.07±0.01c	

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 depolama süreleri arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir. Önem seviyeleri; *, **, *** ve "öd" P < 0.05, 0.01, 0.001 ve "önemli değil"

P:Parameter, D: Drying, S: Storage periods, CG: Concrete ground, GG: Grass ground and DM: Drying machine. Values are expressed as mean ±standart deviation. Different letters in columns for each different drying, mean significantly different values among storage time. Significant level; *, **, *** and "ns" mean significance at P < 0.05, 0.01, 0.001 and "not significant", respectively, between drying and storage time.

Doymuş yağ asitleri (DYA), tekli doymamış yağ asitleri (TDY), çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDY), doymamış/doymuş yağ asitleri oranı (TDY+ÇDY/DYA), oleik/linoleik oranı (O/L), iyot değeri (ID), serbest yağ asitliği (SYA), ransimat değeri (RD) ve peroksit değeri (PD) Çizelge 3'de görülmektedir. Beklendiği gibi, TDY (%84.15–84.46) ana yağ asidi grubu oluşturmuş, onu ÇDY (%9.31–10.02) ve DYA (%5.83–6.27) izlemiştir. Alaşvar vd. (2010) benzer sonuçlar elde etmiş ve fındıkların düşük oranda DYA (%7.46–9.59), orta düzeyde ÇDY (%3.92–13.86) ve yüksek miktarda ÇDY (%78.10–87.26) içerdiğini bildirmiştir. Turan (2018a) ise benzer şekilde fındıkların düşük oranda DYA (%5.77), orta düzeyde ÇDY (%10.15) ve yüksek düzeyde TDY (%84.76) içerdiğini bildirmiştir. Ancak Amaral vd. (2006), TDY ana grup yağ asitlerini oluştururken DYA ve ÇDY yağ asitlerinin eşit seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Kurutma yöntemlerinin toplam yağ asitleri ve yağ oksidasyonu üzerine etkisi istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$) ve veriler Çizelge 3'de verilmiştir. En yüksek DYA değeri BH (%6.27) metodunda kaydedilirken en düşük değer ise ÇH (%5.82) kaydedilmiştir. Özdemir vd. (2002) "Tombul" ile Turan (2018b) ise Ordu Levant fındıklarında elde edilen verilerde olduğu gibi kurutma metotları arasındaki farklılık istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$; Çizelge 3). Ancak, cevizlerde ise güneşte ve fırında kurutma yöntemlerinin palmitik (%6.08–6.64) ve stearik asit (%1.77–1.71) üzerine etkili olmadığı görülmüştür (Qu vd., 2016). Muhafaza süresi boyunca ise DYA değerinde bazı dönemlerde dalgalanma görülmekle birlikte artış görülmüştür (%5.74–7.30; Çizelge 3). Ghirardello vd. (2013) ve Turan (2018a) ortam şartlarında muhafaza edilen fındıklarda DYA değerinin yükseldiğini (%7.69–8.51, %5.63–6.14, sırasıyla), Belviso vd. (2017) ise kavurma sıcaklığı ve çeşide göre farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Örneğin, Tonda Gentile Trilobata (TGT) çeşidinde kavurma sıcaklığının artışı ile DYA muhafaza süresince azalış (170°C–20 dk; %9.73–9.32), Ordu fındıklarında ise artış (%7.37–7.61) olduğu görülmüştür.

TDY temel olarak oleik (C18:1) yağ asidinden oluşmuş ve bunu palmitoleik (C16:1), eikosenoik

(C20:1), heptadesenoik (C17:1), ve nervonik (C24:01) yağ asitleri takip etmiş, kurutma yöntemleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuş ($P < 0.001$) ve en yüksek TDY değeri SK (%84.46), en düşük ise GG (%84.15) metodunda kaydedilmiştir (Çizelge 3). Çalışmamızın aksine Turan (2018a) en yüksek TDY değerinin BH (%85.03), ve en düşük değerinin ise SK (%84.38) metodunda olduğunu bildirmiştir. Özdemir vd. (2002) ise Tombul fındık çeşidinde kurutma sıcaklığının artışı ile oleik asit değerinin yükseldiğini (35–50°C; %81.0–83.3, sırasıyla), Delgado vd. (2016) ise çeşitlere göre farklılık görünmekle birlikte kestanelerde kurutma süresinin artışı ile azaldığını (0–10 sa; %36.2–32.3, sırasıyla), Delgado vd. (2017) ise kurutma yöntemlerine göre %37.95–29.9 arasında değiştiğini bildirmiştir. TDY değeri muhafaza süresince ise beklediği gibi azalma göstererek %84.46–81.36 aralığında seyretmiş (Çizelge 3) ve Belviso vd. (2017) tarafından TGT ve Turan (2018a) Ordu Levant fındıklarında elde edilen verilerle benzerlik göstermiştir. Ancak Delgado vd. (2017) ise kestanelerde depolama süresince kurutma yöntemlerine göre TDY değerinin farklı davranış gösterdiğini bildirmiştir. Genel olarak linoleik (C18:2) ve linolenik (C18:3) yağ asitlerinin ÇDY'nın en iyi temsilcisi olduğu (Turan 2018a) ve linoleik asit değerinin her zaman toplam yağ asitlerinin %9'unun altında olduğu bildirilmiş (Ghirardello vd., 2013), ancak çalışmamızda Tombul çeşidinde böyle olmadığı (%9.31–10.03) görülmüştür (Çizelge 3). Kurutma yöntemleri arasında, en yüksek ÇDY değeri ÇH (%10.02), en düşük değer ise SK (%9.31) metodunda kaydedilmiş, farklılık istatistikî olarak önemli bulunmuş ($P < 0.001$; Çizelge 3) ve Delgado vd. (2017) ile benzerlik göstermiştir. Muhafaza süresince ise ÇDY değeri dalgalanma göstermekle birlikte genellikle artış göstermiştir (Çizelge 3). Belviso vd. (2017) benzer şekilde muhafaza süresince ÇDY değerinin kavrulmuş fındıklarda artış gösterdiğini, Ghirardello vd. (2013) ise linoleik asit (C18:2) oranının ortam şartlarında 12 ay muhafaza süresince yükseldiğini (%6.16–6.87), ancak linolenik asit (C18:3) değerinin azalış gösterdiğini (%0.13–0.00) bildirmiştir.

Çizelge 3 Kurutma yöntemlerinin 18 ay depolama süresince fındığın toplam yağ asitleri ve yağ oksidasyonu üzerine etkileri

Table 3 Effect of drying methods on sum of fatty acids and oil oxidation of hazelnut during 18 months of storage periods

Ö/P	M/ D	Muhafaza süreleri (ay)/ Storage periods (months)							Önemlilik/Sig.	
		0	3	6	9	12	15	18	M/DMS/S	MxMS/DxS
DYA/ SFA (%)	BH/CG	6.27±0.10d-g	6.27±0.10d-g	6.33±0.01c-f	6.32±0.02c-f	6.32±0.02c-f	7.32±0.03a	7.30±0.01a	***	***
	ÇH/GG	5.82±0.10h	5.74±0.05h	5.77±0.06h	5.79±0.02h	5.79±0.01h	6.23±0.01efg	6.18±0.02fg		***
	SK/DM	6.23±0.21efg	6.10±0.05g	6.81±0.47b	6.42±0.03cde	6.40±0.03cde	6.49±0.01c	6.46±0.01cd		
TDY/ MUFA (%)	BH/CG	84.38±0.02ab	84.35±0.06ab	84.23±0.01abc	84.22±0.02abc	84.22±0.03abc	82.24±0.03c	82.26±0.02e	***	***
	ÇH/GG	84.15±0.09bc	84.14±0.02bc	84.14±0.04bc	84.01±0.02c	84.00±0.03c	82.33±0.02e	82.33±0.01e		***
	SK/DM	84.46±0.17a	84.27±0.05ab	82.96±0.66d	82.74±0.04d	82.72±0.01d	81.37±0.05f	81.36±0.02f		
ÇDY/ PUFA (%)	BH/CG	9.41±0.17f	9.41±0.17f	9.44±0.01f	9.46±0.02f	9.46±0.02f	10.45±0.01d	10.44±0.02d	***	***
	ÇH/GG	10.02±0.00e	10.12±0.04de	10.09±0.02e	10.20±0.01de	10.21±0.03de	11.45±0.03b	11.49±0.02b		***
	SK/DM	9.31±0.05f	9.64±0.10f	10.23±0.88de	10.84±0.03c	10.88±0.03c	12.14±0.05a	12.18±0.01a		
TDY+ÇDY/ DYA/MUFA+ PUFA: SFA	BH/CG	14.96±0.26b-e	14.96±0.26b-e	14.80±0.02c-f	14.82±0.04c-f	14.82±0.04c-f	12.67±0.05h	12.69±0.01h	***	***
	ÇH/GG	16.17±0.29a	16.42±0.14a	16.34±0.17a	16.28±0.05a	16.26±0.03a	15.06±0.01bcd	15.18±0.05bc		***
	SK/DM	15.07±0.54bcd	15.40±0.14b	13.73±1.00g	14.57±0.07ef	14.63±0.09def	14.40±0.01f	14.48±0.02f		
O/L	BH/CG	9.04±0.16ab	9.03±0.17ab	8.99±0.01ab	8.97±0.02ab	8.97±0.03ab	7.91±0.00d	7.92±0.01d	***	***
	ÇH/GG	8.47±0.06c	8.39±0.03c	8.40±0.01c	8.28±0.01c	8.28±0.03c	7.24±0.02e	7.20±0.01e		***
	SK/DM	9.16±0.03a	8.83±0.08b	8.22±0.74c	7.69±0.02d	7.65±0.02d	6.73±0.03f	6.70±0.00f		
ID/IV	BH/CG	92.98±0.30c	92.96±0.26c	92.90±0.01c	92.92±0.02c	92.91±0.02c	92.85±0.01c	92.85±0.02c	***	***
	ÇH/GG	93.89±0.11b	94.06±0.06b	93.99±0.08b	94.08±0.02b	94.10±0.03b	94.80±0.03a	94.89±0.02a		***
	SK/DM	92.85±0.23c	93.27±0.14c	93.16±1.16c	94.05±0.05b	94.11±0.05b	95.16±0.04a	95.23±0.02a		
SYA/ FFA (%, oleic acid)	BH/CG	0.24±0.02kl	0.28±0.01ij	0.36±0.00fg	0.42±0.02e	0.99±0.04a	0.89±0.01b	0.61±0.02c	***	***
	ÇH/GG	0.28±0.02ij	0.22±0.01l	0.33±0.00gh	0.41±0.02e	0.60±0.02c	0.60±0.04c	0.52±0.01d		***
	SK/DM	0.15±0.02m	0.31±0.02hi	0.26±0.01jk	0.42±0.01e	0.37±0.02f	0.33±0.01gh	0.55±0.02d		
RD (sa)/ RV (h)	BH/CG	5.88±0.04a	4.06±0.03cde	3.59±0.22f	4.31±0.25cd	1.88±0.10i	2.00±0.19hi	3.85±0.06ef	***	***
	ÇH/GG	5.34±0.14b	4.30±0.13cd	4.11±0.16cde	4.36±0.06c	2.84±0.27g	2.28±0.12h	4.05±0.21cde		***
	SK/DM	5.62±0.14ab	5.37±0.06b	4.22±0.44cde	4.21±0.36cde	4.27±0.49cd	3.95±0.20def	3.99±0.31de		
PD/ PV (meqO ₂ /kg)	BH/CG	0.00±0.00j	0.46±0.03a	0.17±0.02ef	0.18±0.02def	0.44±0.04a	0.15±0.04efg	0.03±0.05ij	**	***
	ÇH/GG	0.06±0.10hi	0.18±0.04def	0.08±0.02hi	0.20±0.01cde	0.23±0.02cd	0.10±0.02fg	0.34±0.03b		***
	SK/DM	0.00±0.00j	0.35±0.04b	0.25±0.01c	0.11±0.02gh	0.13±0.01fg	0.25±0.02c	0.24±0.02c		

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 depolama süreleri arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir. Önem seviyeleri; *, **, *** ve “öd” P < 0.05, 0.01, 0.001 ve “önemli değil”

P: Parameter, D: Drying, S: Storage periods CG: Concrete ground, GG: Grass ground and DM: Drying machine. Values are expressed as mean ± standard deviation. Different letters in columns for each different drying, mean significantly different values among storage time. Significant level; *, **, *** and “ns” mean significance at P < 0.05, 0.01, 0.001 and “not significant”, respectively, between drying and storage time.

Qu vd. (2016) and Juhaimi vd. (2018) tarafından bulunan sonuçların aksine, çalışmamızda doymamış/doymuş (TDY+ÇDY/DYA) yağ asitleri üzerine kurutma yöntemlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P < 0.001; Çizelge 3), TDY+ÇDY/DYA değeri %14.96–16.17 aralığında değişmiş ve en yüksek değer ÇH, en düşük değer ise BH metodunda kaydedilmiştir. TDY+ÇDY/DYA oranı fındıklarda raf ömrünü tahmin etmek için kullanılmakta ve oranın düşük olması raf ömrünün yüksek olduğunu göstermektedir. Bu oranın “Tombul” çeşidinde %17.12, “Çakıldak” çeşidinde %13.82 ve raf ömrü en uzun “Cavcava” çeşidinde ise %7.84 olduğu bilinmektedir (Özdemir vd., 1998). Buradan da, ÇH metodunun muhafaza için en uygun yöntem

olmadığı söylenebilir. Muhafaza süresince TDY+ÇDY/DYA değeri bazı dönemlerde küçük dalgalanmalar göstermekle Ghirardello vd. (2013), Belviso vd. (2017) ve Turan (2018a) çalışmalarına benzer şekilde muhafaza süresince azalma göstermiştir.

Yağ oksidasyonu

Fındık yağlarında oleik (C18:1) ve linoleik (C18:2) doymamış yağ asitleri yüksek oranda bulunmakta ve bu nedenle de oksidasyona karşı hassas oldukları bilinmektedir (Alaşalvar vd., 2010; Turan 2018b). Ayrıca oleik/linoleik asit oranı (O/L) fındıkların iç kalitesini değerlendirmede kullanılan önemli özelliklerden birisidir ve linoleik asit, oleik aside oranla oksidasyona karşı daha

duyarlıdır (Qu vd., 2016). Bu nedenle O/L oranının yüksek olması oksidasyona karşı daha dayanıklı olduğunun göstergesidir (Belviso vd., 2017; Turan 2018a). Çalışmamızda kurutma yöntemlerinin O/L oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.001$; Çizelge 3) en yüksek değer SK (9.16), en düşük değer ise ÇH (8.47) metodunda kaydedilmiştir. Cevizlerde ise Qu vd. (2016) fırında kurutulan örneklerde oleik asit (C18:1) değerinde önemli oranda artış (%12.52–21.11, sırasıyla) olduğunu, linoleik asit (C18:2) değerinde azalma (%70.41–61.05) olduğunu ve bizim bulguların aksine bu değerlerin güneşte kurutmadan daha yüksek olduğu bildirmiştir. Muhafaza süresince ise kurutma yöntemlerinin tamamında genel olarak Belviso vd. (2017) benzer şekilde azalma kaydedilmiştir. İyot değeri (İD) yağların doymamışlığının bir ölçüsü olarak bilinmekte ve absorbe edilen iyot miktarı olarak ifade edilmektedir (Ajith vd., 2015; Belviso vd., 2017; Turan 2018a). Ayrıca İD değerinin yüksek olması yağ oksidasyonuna karşı daha hassas ve kararsız olduğunun göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Diğer yandan da doymamış yağ asitleri oranı düşük olan fındıklarda İD değerinin de daha düşük olduğu bilinmektedir. Bunlara ilave olarak, Özdemir vd. (2002) İD değerinin Tombul çeşidinde kurutma sıcaklığının artışına paralel artış gösterdiğini bildirmiştir (sırasıyla, 35–50°C; 87.7–89.0). Çalışmamızda ise, Turan (2018a)'e benzer şekilde kurutma yöntemlerinin İD değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.001$; Çizelge 3) ve en düşük değer SK (92.85), en yüksek değer ise ÇH (93.89) metodunda görülmüştür. Muhafaza süresince ise, İD değerinde Belviso vd. (2017) tarafından yürütülen çalışmaya benzer şekilde artış görülmüştür.

Serbest yağ asitliği (SYA) kalite kaybının ilk göstergesi olarak kabul edilmekte ve SYA ≥ 1 değerinin üzerine çıkması bozulma göstergesi olarak bilinmektedir (Turan ve İslam, 2018). Çalışmamızda, SYA değeri kurutma yöntemlerine göre farklılık göstermiş ($P < 0.001$; Çizelge 3) ve en yüksek değer ÇH (%0.28, oleik asit), en düşük değer ise SK (%0.15, oleik asit) metodunda kaydedilmiştir. Benzer sonuçlar Fu vd. (2016) ve

Qu vd. (2016) tarafından da tespit edilmiş ve güneş ışığı altında uzun süre kurutulan cevizlerde yağ moleküllerinin SYA salgıladıkları ve bu nedenle değerinin yükseldiği bildirilmişlerdir. Ancak Kashaninejad vd. (2003) kurutma yöntemlerinin antepfistiklerinde SYA değerini etkilemediğini bildirmiştir. Muhafaza süresi boyunca ise SYA değeri yükselerek %0.16–0.99 arasında kaydedilmiş ve çalışmamıza benzer şekilde davranış gösteren bazı çalışmalarda da aynı yönde değişim olduğu görülmüştür (Turan ve İslam, 2016; Koç Güler vd., 2017; Turan, 2018a; Turan, 2019). Muhafaza süresi sonunda ise en yüksek SYA değeri BH (%0.61, oleik asit) metodunda kaydedilmiş ve bu sonuç yağların bozulmasında eşik olarak görülen (%0.7, oleik asit) sınır değerinin altında gerçekleşmiştir. Ancak BH metodunda 12 ve 15. aylarda (%0.99–0.89 oleik asit, sırasıyla) eşik değerinin üzerinde seyretmiştir. Bu nedenle, ortam şartlarında jüt çuvalda muhafaza edilen kabuklu Tombul çeşidinin SYA değeri bakımından 18 ay muhafaza edilebileceği (ÇH ve SK metodlarında) görülmüştür. Kurutma yöntemlerinin RD üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.001$; Çizelge 3) ve en yüksek değer SK ve BH (5.62–5.88 sa, sırasıyla) metodlarında kaydedilmiştir ($P < 0.001$; Çizelge 3). Turan ve İslam (2016) güneşte kurutma yöntemlerinde daha düşük RD tespit ettiklerini, bu nedenle suni kurutma yöntemlerinin kısa sürede kurutma ve yüksek RD değeri nedeniyle tercih edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Ancak çalışmamızda güneşte kurutma ve suni kurutma yöntemleri arasında böyle bir farklılık tespit edilmemiştir. Muhafaza süresi boyunca ise beklendiği ve başka çalışmalarda olduğu gibi (Turan ve İslam, 2018; Turan, 2019) RD azalmış ve bu azalma 5.88–1.88 sa aralığında gerçekleşmiştir ($P < 0.001$; Çizelge 3). 18 ay muhafaza süresi boyunca ise en düşük değerler genel olarak BH ve ÇH metodlarında gerçekleşmiştir.

Peroksit değeri (PD) fındık sanayisi tarafından depolanacak ürünlerde kullanılan önemli özelliklerdendir (Ghirardello vd., 2013; Koç Güler vd., 2017; Turan, 2018b) ve ayrıca PD cevizlerde yağ oksidasyonunun en önemli göstergesi olarak kabul edilmektedir (Fu vd.,

2016). Çalışmamızda, kurutma yöntemlerinin PD değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$; Çizelge 3), en düşük değerler genel olarak SK ve en yüksek değerler ise BH ve ÇH metotlarında kaydedilmiştir. Muhafaza süresince ise PD değeri genelde dalgalanma göstermekle birlikte artış göstermiş ($P < 0.001$; Çizelge 3) ve bu değişim bir zirve değere ulaştıktan sonra benzer çalışmalarda olduğu gibi (Koç Güler vd., 2017; Belviso vd., 2017; Turan 2018a) düşüş şeklinde gerçekleşmiştir. Bu durumun ise, muhafaza sırasında PD'nin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesinden kaynaklandığı bilinmektedir (Turan, 2018a; Turan, 2019). Ancak başka çalışmalarda ise PD değerinin muhafaza süresi boyunca artış gösterdiği görülmüştür (Ghirardello vd., 2013; Raisi vd., 2015; Turan, 2019). Tespit edilen bu farklılıklar çeşit, kurutma yöntemi ve muhafaza koşulları gibi bazı faktörlerin bir veya birkaçının etkileşiminden kaynaklanmış olabilir (Amaral vd., 2006; Alaşalvar vd., 2010; Turan 2018a; Turan, 2019). Bu faktörlerin yanı sıra, fındıklarda farklı kurutma yöntemleri farklı zaman-sıcaklık profilleri oluşturabildiği ve bu yüzden her süreçte farklı kimyasal reaksiyonun oluşabileceği öngörülmektedir. Kimyasal reaksiyonların bazılarında ise, fındığın içeriğini oluşturan bileşenlerle diğer kimyasallar reaksiyona girebilir ve bu değişimler analizlerde ölçülemeyebilir (Özilgen, 2014; Turan, 2019).

SONUÇ

Bu çalışma suni ve doğal kurutma yöntemlerinin uzun dönem depolama süresince "Tombul" fındık çeşidinin yağ asitleri kompozisyonu ve yağ oksidasyonu üzerine etkisi konusunda yapılan ilk çalışmadır. Çalışma sonucunda kurutma yöntemleri ve depolamanın yağ asitleri kompozisyonu ve yağ oksidasyon üzerine etkisi yöntemlere göre genel olarak farklılık göstermiştir. Çalışma sonucunda SK ortamında BH ve ÇH ortamlarına göre daha düşük SYA, PD ve ID tespit edilmiştir. Bu yüzden SK ortamı "Tombul" fındık çeşidinin kurutulması için tavsiye edilebilir yöntem olarak öne çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ODUBAP-TF1332), Altaş Yağ Sanayi (Ordu, Turkey) ve Gürsoy Tarımsal Ürünler Gıda Sanayi A.Ş. (Ordu, Turkey) tarafından desteklenmiştir. İstatistiksel analizler için Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖNER'e teşekkür ederiz. Bu çalışma Ali TURAN'ın doktora çalışmasının bir kısmından oluşmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ajith, S., Pramod, S., Kumari, C.P., Potty, V.P. (2015). Effect of storage temperatures and humidity on proximate composition, peroxide value and iodine of raw cashew nuts. *J Food Sci Technol*, 52: 4631–4636 doi: 10.1007/s13197-014-1476-6.
- Alaşalvar, C., Pelvan, E., Topal, B. (2010). Effect of roasting oil and fatty acid composition of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Int J Food Sci. Nutr*, 61: 630–642 doi: 10.1021/f101039f.
- Amaral, J.S., Casal, S., Citová, I., Santos, A., Seabra, R.M., Oliveira, B.P.P. (2006). Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. *Eur Food Res Technol*, 222: 274–280 doi: 10.1007/s00217-005-0068.
- AOCS (2004). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, 5th ed. American Oil Chemist Society, USA.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International 17th ed. 40, 1–3.
- Başaran, P. (2010). Antifungal effect of acids and surface active compounds for postharvest control of *Aspergillus paraticus* growth on hazelnut. *J Food Process and Preserv*, 35: 236–246 doi: 10.1111/j.1745-4549.2009.00442.x.
- Belviso, S., Bell, B.D., 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 Chem*, 217: 398–408 doi: 10.1016/j.2016.08.103.

- Delgado, T., Pereira, J.A., 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. *Eur Food Res Technol*, 242: 1299–1306 doi: 10.1007/s00217-015-2633–5.
- Delgado, T., Pereira, J.A., Ramalhosa, E., Casal, S. (2017). Comparison of different drying methods on the chemical and sensory properties of chestnut (*Castanea sativa* M.) slices. *Eur Food Res Technol*, 243: 1957–1971 doi: 10.1007/s00217-017-2902–6.
- Ficarra, A., Lo Fiego, D.P., Minelli, G., Antonelli, A. (2010). Ultra fast analysis of subcutaneous pork fat. *Food Chem*, 121: 809–814 doi: 10.1016.2010.01.003.
- Fu, M., Qu, Q., Yang, X., Zhang, X. (2016). Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut. *LWT–Food Sci Technol*, 65: 1126–1132 doi: 10.1016.2015.10.002.
- 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 Biol and Technol*, 81: 37–43 doi: 10.1016.2013.02.014.
- Hashempour, A., Ghazvini, R.F., Bakhshi, D., Sanam, S.A. (2010) Fatty acids composition and pigments changing of virgin olive oil (*Olea europea* L.) in five cultivars grown in Iran. *Aust J Crop Sci* 4:258–263.
- Janowicz, M., Lenart, A (2018). The impact of high pressure and drying processing on internal structure and quality of fruit. *Eur Food Res Technol*, 244:1329–1340 doi: 10.1007/s00217- 018-3047-y.
- Juhaimi, F.A., Özcan, M.M., 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. *Eur Food Res Technol*, 55: 190–197 doi: 10.1007/s13197-017-2895-y.
- Kashaninejad, M., Tabil, L.G., Mortazavi, A., Safeordi, A. (2003). Effect of drying methods on quality of pistachio nuts. *Dry Technol*, 21: 821–838 doi: 10.1081/DRT-120021688.
- Kaveh, M., Gilandeh, Y.A., Chayjan, R.A., Taghinezhad, E., Mohammadigol, R. (2018). Mas transfer, physical, and mechanical characteristics of terebinth fruit (*Pistacia atlantica* L.) under convective infrared microwave drying. *Heat Mass Transf*, 54: 1879–1899 doi: 10.1007/s00231-018-2287-5.
- Kermani, A.M., Khashehchi, M., Kouravand, S., Sadeghi, A. (2017). Effect of intermittent microwave drying on quality characteristics of pistachio nuts. *Dry Technol*, 35: 1108–1116 doi: 10.1016.2008.01.003.
- Koç Güler, S., Bostan, S.Z., Con, A.Z. (2017). Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biol Technol*, 123: 12–21 doi: 10.1016.2016.08.007.
- Köksal, A.İ. (2018). *Türk fındık çeşitleri*. Karadeniz fındık ve Mamulleri İhracatçılar Birliği–İstanbul Fındık ve Mamulleri İhracatçılar Birliği, Ankara, 182s.
- Köse, Y.E. (2018). Matematiksel modellemenin kurutma teknolojisinde kullanım olanakları. *Int J Sci Technol Res*, 4(6): 1–8.
- Özay, G., Seyhan, F., Pembeci, C., Saklar, S., Yılmaz, A. (2008). Factors influencing fungal and aflatoxin levels in Turkish hazelnuts (*Corylus avellana* L.) during growth, harvest, drying and storage: A 3-year study. *Food Addict Contam*, 25: 209–218 doi: 10.1080/02652030701711016.
- Özdemir, M., Özay, G., Seyhan, F.G. (1998). *Hasattan ambalaja fındık işlemenin kritik kontrol noktalarında tehlike analizi*. Marmara Araştırma Merkezi. Gebze-Kocaeli, Türkiye, 39s.
- Özdemir, M., Yıldız, M., Gürcan, T.Ş. (2002). Effect of artificial trying air temperature on stability of the major Turkish hazelnut variety Tombul. *GIDA*, 27: 35–39.
- Özilgen, S. (2014). *Cooking as a chemical reaction: culinary science with experiments*. CRC Press, USA, 283 p.

- Qu, Q., Yang, X., Fu, M., Chen, Q., Zhang, X., He, Z., Qiao, X. (2016). Effects of three conventional drying methods on the lipid oxidation, fatty acids composition, and antioxidant activities of walnut (*Juglans regia* L.). *Dry Technol*, 34: 822–829 doi: 10.1080/07373937.2015.1081931.
- Raisi, M., Ghorbani, M., Mahoonak, A.S., Kashaninejad, M. (2015). Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long-term storage. *J Stored Prod Res*, 62: 16–21 doi: 10.1016/j.jspr.2015.03.004.
- Turan, A., İslam, A. (2016). Changes during storage period and the drying methods in the Çakıldak hazelnut cultivar. *Ordu Univ J Sci Tech*, 6: 272–285.
- Turan, A., İslam, A. (2018). Effect of drying methods on some chemical characteristics of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) during storage. *J Inst Sci Tech*, 8(3): 11–19 doi: 10.21597/jist.458541.
- Turan, A. (2018a). Effect of drying methods on fatty acid profile and oil oxidation of hazelnut oil during storage. *Eur Food Res Technol*, 244(12): 2181–2190 doi: 10.1007/s00217-018-3128-y.
- Turan, A. (2018b). Effect of drying methods on nut quality of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *J Food Sci Technol*, 55(11): 4554–4565 doi: 10.1007/s13197-018-3391-8.
- Turan, A. (2019). Effect of drying on the chemical composition of Çakıldak (cv) hazelnuts during storage. *Grasas Aceites*, 70(1), e296 doi: 10.3989/gya.0693181.
- Tüfekçi, F., Karataş, Ş. (2018). Determination of geographical origin Turkish hazelnuts according to fatty acid composition. *Food Sci Nutr*, 00: 1–6 doi: 10.1002/fsn3.595.
- Velasco, J., Anderson, M.L., Skibsted, L.H. (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 Chem*, 85: 623–632 doi: 10.1016.2003.07.020.
- WAA (2004). *Operating Manual Novasina*. AW Sprint TH 500 Water Activity Analyzers.
- Wang, W., Jung, J., McGorin, R.J., Traber, M.G., Leonard, G.C., Zhao, Y. (2018). Investigation of drying conditions on bioactive compounds, lipid oxidation, and enzyme activity of Oregon hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *LWT–Food Sci Technol*, 90: 526–534 doi: 10.1016/j.lwt.2018.01.002.
- Zhang, L., Wang, Z., Shi, G., Yang, H., Wang, X., Zhao, H., Zhao, S. (2018). Effects of drying methods on the nutritional aspects, flavor, and processing properties of Chinese chestnuts. *J Food Sci Technol*, doi: 10.1007/s13197-018-3227-6.