

İyi Tarım Uygulamalarının Fındığın Renk Özellikleri ve Yağ Oksidasyonu Üzerine Etkisi

Ali TURAN^{1*} 

Öz

Fındıkta iyi tarım uygulamaları ile ilgili çalışma son derece sınırlıdır. O nedenle fındıkta iyi tarım uygulamalarına yönelik arazi çalışmaları gerekli görülmekte ve büyük önem taşımaktadır. Çalışma fındıkta iyi tarım uygulamaların iç fındık ve yağın renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , kroma ve hue) ile yağ oksidasyon parametreleri (Oleik/linoleik asit oranı, iyot değeri, ransimat değeri, serbest yağ asitliği ve peroksit değeri) üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. İyi tarım uygulamalarının renk özellikleri üzerine etkisi genel olarak önemsiz bulunurken ($p>0.05$), oksidasyon parametrelerinden serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri haricinde önemli bulunmuştur ($p<0.01$). İyi tarım uygulamalarında kontrole göre daha yüksek b^* (sarılık) değeri elde edilirken, daha düşük hue (h^0) değeri kaydedilmiştir. Diğer taraftan da iyi tarım uygulamasında daha yüksek oleik asit/linoleik asit oranı, ransimat değeri (sa) ve daha düşük iyot değeri elde edilmiştir. Elde edilen bu verilere dayanarak iyi tarım uygulamalarının fındığın muhafaza süresi üzerine daha etkili olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Fındık, *Corylus avellana* L, İyot değeri, Serbest yağ asitliği, Ransimat değeri

Effect of Good Agricultural Practices on Color Ordinates and Oil Oxidation of Hazelnut

Abstract

The research on good agricultural practices in hazelnuts is extremely limited. For this reason, orchard studies for good agricultural practices in hazelnut are considered necessary and are of great importance. This research was conducted to determine the effect of good agricultural practices on colour ordinates (kernel and oil; L^* , a^* , b^* , chroma ve hue) and oxidation parameters (oleic to linoleic, iodine value, rancimat, free fatty acid and peroxide) of hazelnut. In generally, while good agricultural practices were found to be insignificant in terms of color characteristics ($p>0.05$), it was found to be significant in oxidation parameters ($p<0.01$), except for free fatty acidity and peroxide values. In good agricultural practices, a higher b^* (yellowness) was obtained compared to the control, while a lower hue (h^0) value was recorded. On the other hand, higher oleic acid/linoleic acid ratio, rancimate value (h) and lower iodine value were obtained in good agricultural practices. Based on these data, it can be said that good agricultural practices are more effective on the preservation period of hazelnut.

Keywords: Hazelnut, *Corylus avellana* L, Iodine value, Free fatty acidity, Rancimat value

¹Giresun Üniversitesi, Fındık İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, Giresun, Türkiye, ali.turan@giresun.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0002-2961-6605>

1. Giriş

Dünyadaki insan nüfusunun artışına bağlı olarak gıda maddesi tüketimi de artmaya devam etmektedir. Böylece gıda maddelerinin temel bileşenlerinden biri olan bitkisel yağların tüketimi hızla artmaktadır. Bu yüzden de bitkisel yağların üretim aşamasından tüketiciye ulaşana kadar mevcut kalitenin bozulmadan korunması amacı ile araştırmaların yürütülmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bitkisel yağ endüstrisindeki en büyük kalite sorunu, ilgili ürünlerde tatmin edici olmayan ve toksik bileşiklerin varlığına yol açan yağ oksidasyonudur (Gülmez ve Şahin, 2019).

Kapsamlı tekli doymamış yağ asitleri ve zengin küçük bileşikler nedeniyle yüksek beslenme sağladığı bilinen saf fındık yağı, herhangi bir rafinasyon işlemine tabi tutulmadan doğrudan fındıklardan elde edilir. Lipid özellikleri, temel olarak yemeklik yağlarda oksidatif stabilite ve kalite özelliklerini temsil etmektedir (Jerzykiewicz ve ark., 2013). Fındık yağı giderek daha popüler hale gelmekte ve ağırlıklı olarak oleik asit ve sağlığı geliştirici besin bileşenleri içeren yeni ortaya çıkan bir yağ ürünü olarak kullanılmaktadır (Cui ve ark., 2020).

Yağ özelliklerine ilave olarak fındık, kavrulmuş, çiğ veya doğal ve kabuklu tuzlu olarak pazarlara sunulabilmektedir. Pastacılık sektöründe ise fındık, fındık küspesi veya küp şeklinde fındık olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle iç fındık için yeme kalitesinin yanında görsellik de önemli bir kriterdir. Bu yüzden de iç fındık renginde karşılaşılan değişiklikler ürün kalitesini etkileyebilmektedir. Tüketiciler fındık içlerinde kahverengi veya koyu renkli olmasını arzu etmezler. İçlerde olan kararma, kabuklu fındığın depolanması sırasında veya iç fındığın kavrulması sırasında meydana gelebilmektedir (Güler, 2023). Bu ve benzeri olumsuzluklar genel olarak hasat ve/veya hasat sonrasında meydana gelmekte, maalesef oluşan bu kayıplarda günümüze kadar arzu edilen düzeye çekilememiştir (Turan, 2018a). Fındığın üretim aşamasının her kademesinde belirli oranlarda sorunlar çok uzun süreden beri devam etmektedir. Temel yetiştiricilik sorunlarından kaynaklı olan bu eksiklikler haliyle kalite kayıplarına da yol açmaktadır.

Ülkemiz fındık üretimi bakımından dünyanın en önemli üreticisi konumundadır. Bu konumunu 750.000 ha üretim alanında yaklaşık 700.000 ton üretim ile sağlamaktadır. Dolayısıyla en önemli ihracat ürünlerimizden biri olan fındık konusunda iyi tarım uygulanması ve yaygınlaştırılması için yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Günümüze kadar fındıkta iyi tarım uygulamalarının kimyasal özellikleri konusunda yürütülmüş saha çalışması bulunmamaktadır. Fındık üreticileri bir yandan geleneksel üretim sistemlerinin dışına çıkamadıkları gibi diğer yandan da teknik destek almaya yatkın olmayıp girdi kullanımında büyük hatalar yapmaktadırlar (Turan, 2022). Bu hataların tespit edilmesi kolay olmamakla birlikte kayda girmediği için de önemli bir kısmı gözden kaçabilmektedir. Bu nedenle her aşaması kontrollü ve kayıtlı olan bir üretim şeklinin fındıkta uygulamaya konması büyük önem taşımaktadır. Dünyada söz sahibi olunan fındık gibi getirisi yüksek

sanayi ürünlerinde bu durum büyük bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu çalışma Giresun ili Merkez ilçe Ülper köyünde Tombul fındık çeşidinde iyi tarım uygulamalarının fındığın renk özellikleri ve yağ oksidasyon parametreleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilecek sonuçlar başta fındık sektörü ve dolayısıyla ekonomi olmak üzere, fındıkta iyi tarım uygulamaları alanında bundan sonra yapılacak çalışmalara temel oluşturarak bilime de büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma, 2018-2020 tarihleri arasında Giresun ili merkez İlçe Ülper köyünde ~30 yaşında, 5 da alanda ve Tombul fındık çeşidinden oluşan üretici bahçesinde yürütülmüştür (40°51'34.52"K, 38°26'05.10"D ve rakım 233 m). Bahçe sıra arası 5x5, sıra üzeri 5x5 mesafesinde, 5 dal/Ocak ve 50 Ocak/da olacak şekilde düzenlenmiştir. 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerinden toprak örneği alınarak analiz yapılmıştır (Duyar ve Özenç, 2013). Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre toprakta pH 5.64, K₂O 33.14 kg/da, P₂O₅ 0.29 kg/da, kireç % 0.47, organik madde % 5.23, toplam tuz % 0.01 ve saturasyon % 62.04 düzeyinde tespit edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. İyi tarım uygulamaları

Çalışmada fındıkta iyi tarım uygulamaları Mızrak (2021), hastalık ve zararlılarla mücadelede ise GTHB (2017)'de belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Diğer kültürel uygulamalar Öztürk ve ark. (2022)'ye göre yürütülmüştür. Toprak analiz sonuçlarına göre (10-15 Ekim 2019/2020) 4 kg/Ocak doğal tarım kireci (CaCO₃) taç izdüşümüne uygulanıp toprakla kapatılmış ve 800 g triple süper fosfat (TSP; Ca(H₂PO₄)₂H₂O (% 43-44 P₂O₅) taç izdüşümüne açılan ortalama 16 çukura uygulanmıştır. 15-20 Mart 2019-2020 tarihleri arasında analiz sonucuna göre taç izdüşümüne 600 g/Ocak N (Üre; NH₂)₂CO-CH₄N₂O gelecek şekilde uygulanmıştır (Şekil 1). Gübre uygulaması yapılırken aynı zamanda ocak çevresi çapalanarak fındık kurdu ve mayıs böceğine karşı mekanik mücadele yapılmıştır (TOB, 2017). Kokarca zararlısına karşı 30 ml/da proteus od 170 (150 g/L thiacloprid+20g/L deltamethrin) kalibrasyon yapılarak akşam serininde (saat: 16:00-18:00 arası) uygulanmıştır. Mayıs ayının ikinci haftası boyunca dip sürgünü, yabancı ot temizliği yapılmış ve 600

g/Ocak N (üre) ikinci dozu uygulanmıştır. Dip sürgünü temizliği budama makası ve küçük testere (bıçak) ile yapılırken yabancı ot temizliğinde tırpan kullanılmıştır.



Şekil 1. Fındıkta iyi tarım uygulamaları

Külleme hastalığına karşı dip sürgünü temizliği, yabancı ot temizliği ve yere dökülen yaprakların temizliği gibi mekanik mücadelenin yanında kimyasal mücadele de yapılmıştır. Haziran ayı başından itibaren ekonomik zarar eşiği dikkate alınarak yapılan gözlemler sonucunda (10-12 Haziran 2019/2020) külleme hastalığına karşı 25 ml/da luna experience sc 400 (200 g/L fluopyram+200 g/L tebuconazole 100 ml) uygulaması yapılmıştır. Aynı zamanda yabancı ot temizliği, dip sürgünü temizliği ve yere dökülen yaprakların uzaklaştırılması işlemine devam edilmiştir. Temmuz ayı boyunca dalkıran zararlısına gözlem yapılmış ve zarar gören dallar budanarak bahçeden uzaklaştırılmıştır.

2.2.2. Kontrol uygulaması

Kontrol uygulaması yaygın çiftçi uygulaması şeklinde yürütülmüştür (Şekil 2). Mart ayının ikinci yarısında ~1000 g/ocak N ($5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) serpmeye şeklinde uygulanmıştır. Yılda ilki Mayıs ayının başı ve diğeri hasat öncesi olmak üzere iki defa yabancı ot ve dip sürgünü temizliği yapılmıştır. Külleme hastalığına karşı luna experience sc 400 (200 g/L fluopyram+200 g/L tebuconazole 100 ml) kükürt içerikli fungusit uygulanmıştır.

Çalışmada hasat işlemleri Turan (2022)'ye göre yürütülmüştür. % 25 iç fındık nem değerine ulaşan fındıklar el ile hasat edilmiş ve zuruflarından yine el yardımıyla ayıklanmıştır. Gölgede doğal kurumaya (Ortalama sıcaklık: 24°C, ortalama güneşlenme süresi: 3.5sa, ortalama yağış miktarı: 85 mm ve nem değeri: % 68) bırakılan fındıklarda harmanlama işlemi nem değeri % 6'ya düşene kadar devam etmiş ve kurutma işlemi ~18 gün sürmüştür. Daha sonra jüt çuvallara konulan fındıklar yağ

ekstraksiyonu yapılana kadar $\sim 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\sim\%$ 65 nispi nem değerinde buzdolabında (Bosch KDN53NW22N A, No–Frost, Germany) muhafaza edilmiştir.



Şekil 2. Fındıkta yaygın çiftçi uygulaması

2.2.3. 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: -5°C $\sim +45^{\circ}\text{C}$ ve kapasite; 250 g iç fındık) (Turan, 2018a). Elde edilen fındık yağı analiz yapılana kadar -18°C 'de dondurucuda muhafaza edilmiştir (Bosch KDN53NW22N A, No–Frost, Germany).

2.2.4. Renk değerleri

İç fındık ve yağın renk ölçümü L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) olarak HunterLab Color Flex Ez renk cihazı (HunterLab, USA) ile belirlenmiştir. Örneklerin renkleri cihaz X:79.05, Y:84.02 ve Z:89.03 olacak şekilde kalibre edildikten sonra okunmuştur (Mexis and Kontominas, 2009; Turan, 2022).

2.2.5. Yağ asitleri kompozisyonu

Yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesinde (Ficarro 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 sn çalkalanmıştır. Daha sonra ağzı kapalı olarak karanlıkta 6 dk bekletilmif 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 (FID) ve TR–CN100

kolonlu (60 m x 0.25 mm I.D., 0.20 µm; Shimadzu GC-2010, Japan) 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, 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, 2018b; Turan, 2019).

2.2.6. Yağ oksidasyon parametreleri

Serbest yağ asitliği (metot Ca 5a-40) AOCS Standard Method (AOCS, 2004), peroksit değeri (metot Cd 8-53) AOCS (AOCS, 2004) (Metrohm, Dosimat 799, Switzerland), ransimat değeri, rancimat 743 device (Metrohm, Switzerland) göre yapılmıştır (Velasco ve ark., 2004). Oleik/linoleic (O/L) asit değeri oranlanma ile, iyot değeri (İD) ise yağ asitlerinden formülasyonla Belviso ve ark. (2017) ve Turan (2019)'a göre hesaplanmıştır.

2.2.7. İstatistiksel analiz

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tanımlayıcı istatistikler SPSS v. 22.0 (Armok, New York: IBM Corp.)'a göre yapılmıştır. İstatistiksel testler SAS-JAMP v. 10.0 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel farklılıklar t testine göre yapılmıştır. Sonuçlar arasındaki farklılık $p < 0.05$ ve $p < 0.01$ düzeyinde belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. İyi tarım uygulamalarının renk özellikleri üzerine etkisi

İyi tarım uygulamalarının fındığın renk özellikleri üzerine etkisi iç fındık ve fındık yağı için aynı şekilde kaydedilmiştir. İyi tarım uygulamasının b^* (sarılık) ve hue (h^o) üzerine etkisi iç fındık ve yağda önemli bulunurken ($p < 0.01$), L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve kroma (C) değerlerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$; Tablo 1). Önemsiz bulunan bu özelliklerde verilerin birbirlerine çok yakın olmaları dikkat çekmiştir. Diğer taraftan da genel olarak kontrol uygulamasında elde edilen verilerin iyi tarım uygulamasına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İlginç olan ise iyi

tarım uygulamasında daha yüksek b^* (0.22) değeri tespit edilmişken, kontrol uygulamasında ise h° değeri (21.2) daha yüksek kaydedilmiştir (Tablo 1). Aynı farklılıkların yine yağ renk değerlerinde de olduğu gözlenmiştir. Örneğin, istatistiki olarak farklılık görülen b^* (0.16) değeri iyi tarım uygulamasında aynı şekilde yüksek bulunurken, h° (21.1) değeri kontrol uygulamasında daha yüksek gözlenmiştir (Tablo 1). Elde edilen bu verilerden, iyi tarım uygulamalarının iç fındık ve yağ renk değerleri üzerine olan etkisinin benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Renk özellikleri fındığın değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden bir tanesidir (Marzocchi ve ark., 2017; Turan, 2021a). Aynı zamanda renk depolanacak fındıklarda özellikle dikkate alınması gereken kriter olarak görülmektedir (Güler, 2023). Çünkü depolama süresince renk değişimi oluşabilmekte ve özellikle uzun süreli depolamalarda iç ve meyve renginde koyulaşma oluşmaktadır. Bu renk değişimi fındık alımı sırasında gözönünde bulundurulmakta ve değerlendirmede eski ile yeni fındık ayrımında temel kriterlerden birisi olarak kullanılmaktadır (Fiskobirlik, 2004).

Tablo 1. Uygulamaların fındığın renk özellikleri (İç fındık-yağ) üzerine etkisi

Renk özellikleri	Uygulama	
	İTU	Kontrol
İç		
L^* (Parlaklık)	34.5 ± 1.16a	34.6 ± 0.7a
a^* (Kırmızılık)	3.08 ± 0.08a	3.12 ± 0.12a
b^* (Sarılık)	0.22 ± 0.01a	0.15 ± 0.01b
Kroma (C^*)	3.08 ± 0.08a	3.12 ± 0.12a
Hue (h°)	14.2 ± 0.47b	21.2 ± 0.81a
Yağ		
L^* (Parlaklık)	29.4 ± 0.36a	28.1 ± 2.54a
a^* (Kırmızılık)	2.17 ± 0.02a	2.17 ± 0.02a
b^* (Sarılık)	0.16 ± 0.01a	0.10 ± 0.01b
Kroma (C^*)	2.18 ± 0.02a	2.18 ± 0.02a
Hue (h°)	13.9 ± 0.09b	21.1 ± 1.11a

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Farklı uygulamalar arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.

Tabiki bu renk özellikleri üzerine çeşit, hasat şekli ve zamanı, kurutma yöntemi, coğrafi konumu ve muhafaza koşulları gibi pek çok faktör etki etmektedir. Bu faktörlere ilave olarak Akçin ve Bostan (2019) yıl ve sulama yönteminin fındıkta renk özellikleri üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir. Örneğin, kabuklu Tombul fındıklarda L^* 66.89-64.60, a^* 3.11-6.44 ve b^* 22.62-19.24 aralıklarında değerler yıldan yıla değişkenlik gösterdiği, sulama yöntemlerine göre ise L^* 66.89-62.07 a^* 3.11-3.75 ve b^* 22.62-23.83 şeklinde değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada muhafaza süresince de benzer şekilde değişkenlik olduğu görülmüştür. Diğer taraftan Turan (2021a) fındıklarda böcek zararının yağ oksidasyona neden olduğunu, bu bozulmanın renk değişimlerine

neden olduğunu, Turan (2022) ise bu değişimin çeşitler arasında daha belirgin olduğunu ve klonal varyasyonun bu farklılığı arttırdığını bildirmiştir. Renk değişimi ile alakalı çok sayıda çalışmada benzer şekilde değişkenlik olduğu görülmüştür (Si ve ark., 2016; Bostan ve Güler, 2016; Güler ve ark., 2017; Deng ve ark., 2018; Náthia-Neves ve ark., 2021; Turan, 2021a; Turan, 2022; Güler, 2023). Elde edilen bu veriler ve önceki çalışmalardan farklı olarak fındıklarda muhafaza süresince renk değişimlerinin Akçin ve Bostan (2019)'a göre polifenol oksidaz enziminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Ayrıca muhafaza süresince oluşan bu değişimin Güler (2023)'e göre ise enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonların bir sonucu olarak görülebileceği ve bu renk değişimlerinde polifenol oksidaz, peroksidaz veya lipaz enzimlerinin önemli roller oynayabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle fındıkların muhafaza edileceği koşullar büyük önem taşımaktadır. Adi depo koşullarında bu değişimlerin kaçınılmaz olarak ortaya çıktığı önceki çalışmalarda görülmüştür. O nedenle fındıkların soğuk hava depolarında muhafaza edilmesi kalite özelliklerinin korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

3.2. İyi tarım uygulamalarının yağ oksidasyonu üzerine etkisi

Fındık yağları sadece biyoaktif bileşenler içermemekte, aynı zamanda tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri de içermektedir. Bu yağlar sağlığı teşvik edici etkileri nedeniyle sofralık tüketim için de potansiyel kaynak olarak kabul edilmektedir. Ancak fındık yağı, yüksek sıcaklıkta ısıl işlem altında oksidasyonu ve metamorfizması kolay doymamış yağ asitleri içeriğine sahiptir (Ciu ve ark., 2022). Oksidasyon işleminin sıcaklığının artırılması, reaksiyon hızı sabitinde artışa yol açarak bu iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi göstermektedir (Gülmez ve Şahin, 2019). Yağ asitleri, lipidlerin ana bileşenidir ve oksidatif bozunma, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile başlamaktadır. Fındık yağının en zengin oleik asit kaynağı olduğu bildirilmiştir (Venkatachalan ve Sathe, 2006; Miraliakbari ve Shahidi, 2008). Linoleik ve linolenik asit, oleik asitten daha fazla oksidasyona duyarlıdır, yani fındık yağında çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu, tekli doymamış yağ asitlerinden daha kolaydır (Turan, 2018a). Fındık yağındaki birincil yağ asidi olan oleik asidin, oksidasyon işleminin sonunda nispeten kararlı bir durumu koruduğu bildirilmiştir (Cui ve ark., 2020; Cui ve ark., 2021). Oksidatif stabilite, aslında, diğer birçok değişkenle, örneğin tokoferollerin, tokotrienollerin ve sterollerin miktarı ve dağılımı, toplam fenolik bileşikler ve doymamış yağ asitlerinin otoksidasyonunu katalize edebilen geçiş metallere varlığı ile de ilişkilendirilmektedir (Shahidi ve ark., 2007; Mahesar ve ark., 2014; Rosso ve ark., 2021). O nedenle fındıkta yağ oksidasyonunu önlemek için hasat, harman ve kurutma işlemleri çok dikkatli bir şekilde yürütülmelidir. Özellikle hasat sonrasında kurutma süreci çok hızlı ve doğru bir şekilde organize edilmelidir (Turan, 2018b).

İyi tarım uygulamalarının oksidasyon parametreleri üzerine etkisi serbest yağ asidi ve peroksit değerleri dışında istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Tablo 2 detaylı incelendiğinde ilginç bir şekilde peroksit değerinin tespit edilemediği ve serbest yağ asitleri değerinin iyi tarım uygulamaları ve kontrol uygulamasında aynı olduğu görülmüştür. Diğer taraftan ransimat değeri iyi tarım uygulamalarında (5.95 sa) kontrole göre (5.73) daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Ransimat değerinin yüksek olması normal şartlarda oksidasyona karşı daha dayanıklı, diğer bir ifadeyle muhafaza süresinin daha yüksek olduğunu göstermektedir (Turan, 2019). Oleik/linoleik asit oranının yüksek olması yağ oksidasyonuna karşı dayanıklı, iyot değerinin yüksek olması ise oksidasyona karşı hassasiyet göstergesi olarak bilinmektedir (Turan ve İslam, 2019). Veriler Tablo 2’de detaylı incelendiğinde iyi tarım uygulamasında (9.93) kontrole (8.55) göre daha yüksek oleik/linoleik asit değeri, diğer yandan kontrole (91.7) göre daha düşük (90.1) iyot değeri tespit edildiği görülmektedir (Tablo 2). Elde edilen bu verilerden iyi tarım uygulamasının fındığın raf ömrü üzerine daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Uygulamalarının yağ oksidasyonu üzerine etkisi

Yağ oksidasyon parametreleri	Uygulama	
	İTU	Kontrol
Oleik/linoleik asit oranı (O/L)	9.93 ± 0.02a	8.55 ± 0.02b
İyot değeri (İD)	90.1 ± 0.04b	91.7 ± 0.06a
Ransimat değeri (RD, sa)	5.95 ± 0.03a	5.73 ± 0.03b
Serbest yağ asitliği (SYA, Oleik asit, %)	0.18 ± 0.01a	0.18 ± 0.01a
Peroksit değeri (PD, meqO ₂ /kg)	0.00±0.00a	0.00±0.00a

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Farklı uygulamalar arasındaki farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.

Fındıkta yağ oksidasyonu ile alakalı olarak çok sayıda çalışma yürütülmüştür (Turan, 2018a-b; Turan, 2019; Gülmez ve Şahin, 2019; Durmaz ve Gökmen, 2019; Zhang ve ark., 2019; Cui ve ark., 2020; Król ve ark., 2021; Cui ve ark., 2021; Rosso ve ark., 2021; Wang ve ark., 2021; Sun ve ark., 2022; Cui ve ark., 2022; Gao ve ark., 2022). Önceki çalışmalardan da anlaşılacağı üzere oksidasyon parametreleri çok değişkenlik göstermektedirler. Örneğin, Turan (2018a) oksidasyon parametrelerinin Ordu levant fındıklarda kurutma ortamlarına göre değişmekle birlikte O/L değerinin 8.46, İD’nin 94.68 ve PD’nin 0.20 meqO₂/kg olduğunu ve özelliklerin muhafaza süresince dalgalanma gösterdiğini, Turan (2018b) ise oksidasyon parametrelerinin çeşitlere göre değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Şöyleki, O/L değerinin Tombul çeşidinde 8.43, Palaz 7.45 ve Ordu levant fındıklarında 8.20 olduğunu, İD’nin Tombul 93.96, Palaz 94.52 ve Ordu levant fındıklarında 94,74, SYA değerinin Tombul % 0.29 oleik asit, Palaz % 0.13 oleik asit ve Ordu levant fındıklarında % 0.05 olduğunu ve RD’nin 5.92 sa ile Palaz çeşidinde diğerlerine göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Diğer yandan Turan (2019) Çakıldak fındık çeşidinde SYA değerinin % 0.06-0.12 oleik asit ve

RD'nin 4.64-5.12 sa aralığında olduğunu, muhafaza süresince RD'nin azalırken SYA değerinin artış gösterdiğini bildirmiştir. Bu azalış ve artışların zaman zaman dalgalanma şeklinde olduğu görülmüştür. Bu verilere ilave olarak Turan ve İslam (2019) Tombul fındık çeşidinde oksidasyon parametrelerinin kurutma yöntemi ve muhafaza süresine göre değişkenlik gösterdiğini ve O/L değerinin 8.47-9.16, İD'nin 92.85-93.89, SYA değerinin % 0.15-0.28 oleik asi, RD'nin 5.34-5.88 sa ve PD'nin 0.00-0.06 meqO₂/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere fındık oksidasyon parametreleri çok sayıda faktör tarafından etkilenmektedir. Aslında fındık yağının oksidasyonu, esas olarak linoleik asit ve linolenik asit içeren çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile karakterize edildiği önceki çalışmalarda görülmüştür. Benzer şekilde oksidasyon, serbest radikallerin atılmasıyla ayrılan tokoferoller, karotenoidler ve skualen dahil olmak üzere biyoaktif maddelerin ciddi şekilde kaybına neden olmaktadır (Cui ve ark., 2021). Diğer bir ifadeyle yağların otomatik oksidasyonu, yağın acılaşması ve bozulmasına yol açan ana faktör olan lipidler ve reaktif oksijen türleri arasındaki serbest radikal reaksiyonlarından oluşmaktadır. İlk olarak, oksidasyon süresinin uzamasıyla, yağın rengi kademeli olarak daha açık hale gelmekte ve yaklaşık 30 günlük oksidasyondan sonra renksiz olmaktadır. Oksidasyon sürecinde karotenoidlerin kademeli olarak oksidasyonu, fındık yağının renginin açılmasının ve hatta renksiz hale gelmesinin ana nedeni olarak bilinmekte ve renkteki bu değişiklik, yağın oksidasyon seviyesi ile yakından ilişkilendirilmektedir (Solak ve ark., 2018; Sun ve ark., 2022).

Sonuç olarak, fındıkta yağ asitlerinin oksidasyonunun ana nedeni çoklu doymamış yağ asitleri olan linoleik ve linolenik asit olarak kabul edilmektedir (Turan, 2021b; Cui ve ark., 2021). Bu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun sonunda aldehit ve ketonlar gibi uçucu oksidasyon ürünleri üretildiği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2019). Dolayısıyla bu yağ asitleri ile yağ oksidasyon arasında anlamlı bir ilişki kurulabileceğinden, fındık yağının oksidasyon derecesini değerlendirmek için linoleik ve linolenik yağ asitlerinin kullanılmasının yararlı olacağı literatürde belirtildiği gibi, bu çalışma ile de desteklenmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma fındıkta iyi tarım uygulamalarının Tombul çeşidinin renk özellikleri ile yağ oksidasyonu üzerine etkileri konusunda literatürdeki ilk çalışmadır. Uygulamaların renk özellikleri ile yağ oksidasyonu üzerine olan etkisi bazı özellikler haricinde etkili olmakla birlikte değişkenlik göstermiştir. Renk özelliklerinde genel olarak istatistiki olarak önemsiz bulunmuşken, oksidasyon parametreleri ise çoğunlukla önemli bulunmuştur. Özellikle fındık muhafazasında çok önemli yeri olan oleik/linoleik asit oranı ve ransimat değerleri iyi tarım uygulamasında daha yüksek bulunurken, iyot değeri ise daha düşük kaydedilmiştir. Buradan da iyi tarım uygulamaları ile elde edilen

findıkların genel olarak raf ömürlerinin daha uzun olacağı söyleyebilir. Bunlara ilave olarak, insana ve çevreye dost üretim şekli olan iyi tarım uygulamaları ile ilgili araştırmalarına devam edilmesi önerilmektedir. Çünkü küresel ısınmanın etkilerinin çok tartışıldığı günümüzde çevre sağlığı üzerine yapılacak çalışmaların aynı zamanda insan sağlığının da iyileşmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Yavuz Gıda Sanayi ve Ticaret AŞ (Giresun, Türkiye) tarafından desteklenmiştir. İstatistiki analizler için Doç. Dr. Fatih ÖNER'e teşekkür ederim.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Akçin, Y., ve Bostan S. Z. (2019). Tombul' fındık çeşidinde renk değerlerinin sulama ve depolama süresine göre değişimi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8, 85-90. <http://dx.doi.org/10.29278/azd.643582>
- AOCS. (2004). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, 5th ed. American Oil Chemist Society, US
- Belviso, S., Bell B. D., Giacosa, S., Bertolino, M., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V., and 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.103>
- Bostan, S. Z., ve Koç, G. S. (2016). Kabuklu olarak depo edilen bazı fındık çeşitlerinde kalite değişimleri. *Bahçe*, 45(2), 41–53.
- Cui, N., Wang, G., Ma, Q., Zhao, T., Li, R., and Liang, L. (2020). Effect of cold-pressed on fatty acid profile, bioactive compounds and oil oxidation of hazelnut during oxidation process. *LWT Food Sci Technol*, 129, 109552. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109552>
- Cui, N., Wang, G., Ma, Q., Zhao, T., Han, Z., Yang, Z., and Liang, L. (2021). Evolution of lipid characteristics and minor compounds in hazelnut oil based on partial least squares regression during accelerated oxidation process. *LWT Food Sci Technol*, 150, 112025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112025>
- Cui, N., Zhao, T., Han, Z., Yan, g Z., Wang, G., Ma, Q., and Liang, L. (2022). Characterisation of oil oxidation, fatty acid, carotenoid, squalene and tocopherol components of hazelnut oils obtained from three varieties undergoing oxidation. *Int J Food Sci Technol*, 57, 3456-3466. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15669>
- Deng, L. Z., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Zhao, J. H., Wang, D., Zang, Q., Wang, J., Gao, Z. J., and Xiao, H. W. (2018). Red pepper (*Capsicum annuum* L.) drying: Effect of drying methods on drying kinetics, physical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Dry Technol*, 36, 893-907. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1361439>
- Duyar, Ö., ve Özenç, N. (2013). *Fındıkta Bitki Besleme ve Gübreleme Teknikleri*. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Giresun.
- Durmaz, G., and Gökmen, V. (2019). Effect of refining on bioactive composition and oxidative stability of hazelnut oil. *Food Research International*, 116, 586-591. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.077>

- Ficarra, A., Fiego, D. P. L., Minelli, G., and Antonelli, A. (2010). Ultra fast analysis of subcutaneous pork fat. *Food Chem*, 121, 809–814. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.003>
- Fiskobirlik. (2004). *Fındık Alım–Ekspertiz, Saklama, Fındık Kırma, Fındık Kabuğu Satış ve Dağıtımı, Tahvil, Tahliye, Hamaliye, Taşıma, Depo, Fabrika ve Arsa Kiralama Yönetmeliği*. Giresun: Fiskobirlik.
- Gao, Y., Cui, N., Liu, J., Ma, Q., Zhao, T., Yang, Z., and Liang, L. (2022). Application of metabolomics to explore the automatic oxidation process of hazelnut oil. *Food Research International*, 162, 111888. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111888>
- Güler, S. K., Bostan, S. Z., ve Çon, A. H. (2017). Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biol Technol*, 123, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.007>
- Güler, S. K. (2023). Correlations of color changes encountered throughout storage with polyphenol oxidase enzyme activity, sugar content and total phenolics of hazelnuts. *Erwerbs-Obstbau*, <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00819-y>
- Gülmez, Ö., and Şahin, S. (2019). Evaluation of oxidative stability in hazelnut oil treated with several antioxidants: Kinetics and thermodynamics studies. *LWT*, 111, 478-483. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.077>
- Jerzykiewicz, M., Cwielağ-Piasecka, I., and Jezierski, A. (2013). Pro- and antioxidative effect of α -tocopherol on edible oils, triglycerides and fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(6), 803–811. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2227-y>
- Król, K., Gantner, M., and Piotrowska, A. (2021). The quality characteristic and fatty acid profile of cold-pressed hazelnut oils during nine months of storage. *Agronomy* 11, 2045. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102045>
- Mahesar, S. A., Sherazi, S. T. H., Khaskheli, A. R., Kandhro, A. A., and uddin, S. (2014). Analytical approaches for the assessment of free fatty acids in oils and fats. *Anal Methods*, 6, 4956–4963.
- Marzocchi, S., Pasini, F., Verardo, V., Ciemniowska- Zytkeiwicz, H., Caboni, M. F., and Romani, S. (2017). Effects of different roasting conditions on physical-chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Kataloński). *LWT Food Sci Technol*, 77, 440-448. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.068>
- Mexis, S. F., and Kontominas, M. G. (2009). Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.), *Radiation Physics and Chemistry*, 78 (6), 407-413. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.03.008>
- Mızrak, G. (2021). İyi Tarım Uygulamaları, Ankara. Erişim adresi https://books.google.com.tr/books?id=_9sIqEAAAQBAJ&pg=PA3&hl=tr&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false (Erişim tarihi: 17.01.2023).
- Miraliakbari, H., and Shahidi, F. (2008). Lipid class compositions, tocopherols and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. *Journal of Food Lipids*, 15(1), 81–96. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2007.00104.x>
- Náthia-Neves, G., Santana, Á. L., Viganó, J., Martínez, J., and Meireles, M. A. A. (2021). Ultrasound-Assisted Extraction of Semi-Defatted Unripe Genipap (*Genipa americana* L.): Selective conditions for the recovery of natural colorants. *Processes*, 9, 1435. <https://doi.org/10.3390/pr9081435>
- Öztürk, Ş., Öztürk, E., ve Duyar, Ö., 2022. *Uygulamalı Fındık Rehberi*. Giresun: Karadeniz Fındık ve Mamulleri İhracatçıları Birliği (386s).
- Rosso, M. C., Stilo, F., Mascrez, S., Bicchi, C., Purcaro, G., and Cordero, C. (2021). Shelf-life evolution of the fatty acid fingerprint in high-quality hazelnuts (*Corylus avellana* L.) harvested in different geographical regions. *Foods*, 10(3), 685. <https://doi.org/10.3390/foods10030685>
- Shahidi, F., Alasalvar, C., and Liyana-Pathirana, C. M. (2007). Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L) and hazelnut byproducts. *J Agric Food Chem*, 55, 1212–1220.
- Si, X., Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., and Zhou, L. (2016). Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *J Sci Food Agric*, 96, 2055–2062. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7317>
- Solak, R., Turan, S., Kurhan, S., Erge, H. S., and Karabulut, I. (2018). Thermal Oxidation Kinetics of Refined Hazelnut Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(4), 497–508. <https://doi.org/10.1002/aocs.12037>
- Sun, J., Hu, P., Lyu, C., Tian, J., Meng, X., Tan, H., and Dong, W. (2022). Comprehensive lipidomics analysis of the lipids in hazelnut oil during storage. *Food Chemistry*, 378, 132050. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132050>

- TOB. (2017). *Fındık entegre mücadele teknik talimatı*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı. Erişim adresi <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/F%C4%B1nd%C20Entegre03.09.2017.pdf> (Erişim tarihi: 19.07.2021).
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3391-8>
- Turan, A. (2019). Effect of drying on the chemical composition of Çakıldak (cv) hazelnuts during storage. *Grasas y Aceites*. 70, e296. <https://doi.org/10.3989/gya.0693181>
- Turan, A., ve İslam, A. (2019). Tombul fındık çeşidinde yağ oksidasyonunu azaltacak kurutma yönteminin belirlenmesi. *GIDA*, 44 (4): 563-575. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19040>
- Turan, A. (2021a). Effect of the damages caused by the green shield bug (*Palomena prasina* L.) on the qualitative traits of hazelnuts. *Grasas y Aceites*, 72 (1), e391. <https://doi.org/10.3989/gya.1135192>
- Turan, A. (2021b, Aralık). Muhafazanın fındığın oksidasyonu üzerine etkisi. *Biltek-V International Symposium Current Developments in Science, Technology and Social Sciences* (s.741-749). Malatya: Yeşilyut Belediyesi
- Turan, A. (2022). Clonal selection of ‘Mincane’ hazelnut cv: Physical properties. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 1081-1097. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1181029>
- Velasco, J., Andersen, M. L., and Skibsted, L. H. (2004). Evaluation of oxidative stability of vegetable oils by monitoring the tendency to tadcal formation. A comparison of electron spin resonance spectroscopy with the rancimant method and differential scanning calorimetry scanning calorimetry. *Food Chemistry*, 85, 623-632.
- Venkatachalan, M., and Sathe, S. K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13), 4705–4714. <https://doi.org/10.1021/jf0606959>
- Wang, C., Sun, Y., Zhou, Y., Cui, Y., Yao, W., Yu, H., and Xie, Y. (2021). Dynamic monitoring oxidation process of nut oils through Raman technology combined with PLSR and RF-PLSR model. *LWT Food Sci Technol*, 146, 111290. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111290>
- Zhang, Y., Lyu, C., Meng, X., Dong, W., Guo, H., Su, C., and Zhang, X. (2019). Effect of storage condition on oil oxidation of flat-European hybrid hazelnut. *Journal of Oleo Science*, 68(10), 939-950. <https://doi.org/10.5650/jos.ess19120>