

Araştırma Makalesi/Research Article

İnfrared Kurutmanın Trabzon Hurması Çeşitlerinde Kuruma Kinetikleri ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Begüm Arkain^{1*}  Dilvin Or²  Habib Kocabıyık³ 

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: arkainbegum@gmail.com

Geliş Tarihi: 23.11.2023

Kabul Tarihi: 16.04.2024

Öz

Trabzon hurması *Fuyu*, *Hachiya* ve *Rojo Brillante* çeşitlerinin kuruma kinetikleri, efektif difüzyon katsayıları, özgül enerji tüketimleri, renk değişimleri, büzülme, rehidrasyon oranı gibi bazı parametreler üzerine infrared radyasyon yoğunluğunun (IP) (1037, 1210 ve 1407 W m⁻²) ve hava hızının (Av) (1.0, 1.5 ve 2.0 m s⁻¹) etkileri incelenmiştir. Tüm çeşitlerde, en kısa kuruma süresi *Rojo Brillante* çeşidinde tespit edilirken, en uzun kuruma süresi ise *Fuyu* çeşidinde tespit edilmiştir. Kuruma süresi IP'nin artmasıyla azalırken Av'nin artmasıyla ile artış göstermiştir. 1407 W m⁻² IP'de 1.0 m s⁻¹ hava hızında *Rojo Brillante* çeşidinde en düşük özgül enerji tüketimi (8.95 MJ kg_{su}⁻¹) ve en yüksek D_{eff} değeri (8.15x10⁻⁸ m² s⁻¹) elde edilmiştir. Kalite parametreleri incelendiğinde ise, en yüksek rehidrasyon oranının *Rojo Brillante* çeşidinde, en düşük büzülmenin *Hachiya* çeşidinde ve en düşük toplam renk değişiminin ise *Fuyu* çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, her üç çeşidinde kurutmalık olarak değerlendirilebileceği, ilave olarak *Rojo Brillante* çeşidinin kurutulması işletme özellikleri ve kalite parametreleri açısından diğer çeşitlere kıyasla daha iyi sonuçlar vermesi nedeniyle bu çeşidin öncelikli kullanılabilirliği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Trabzon hurması, infrared radyasyon yoğunluğu, kuruma kinetiği, kalite özellikleri

Effect of Infrared Drying on Drying Kinetics and Some Quality Characteristics of Persimmon Varieties

Abstract

The effects of infrared radiation intensity (IP) (1037, 1210 and 1407 W m⁻²) and air velocity (Av) (1.0, 1.5 and 2.0 m s⁻¹) on some parameters such as drying kinetics, effective diffusion coefficients, specific energy consumption, colour changes, shrinkage, rehydration rate of persimmon varieties *Fuyu*, *Hachiya* and *Rojo Brillante* were investigated. In all varieties, the shortest drying time was found in *Rojo Brillante* variety, while the longest drying time was found in *Fuyu* variety. Drying time decreased with increasing IP and increased with increasing Av. The lowest specific energy consumption (8.95 MJ kg_{water}⁻¹) and the highest D_{eff} value (8.15x10⁻⁸ m² s⁻¹) were obtained in *Rojo Brillante* variety at 1407 W m⁻² IP and 1.0 m s⁻¹ air velocity. Regarding quality parameters, the highest rehydration rate was found in *Rojo Brillante* variety, the lowest shrinkage was in *Hachiya* variety and the lowest total color change was in *Fuyu* variety. In this context, it is recommended that all three varieties can be used for drying, in addition, *Rojo Brillante* variety can be used primarily because it gives better results in terms of drying operational characteristics and quality parameters compared to other varieties.

Keywords: Persimmon, infrared radiation intensity, drying kinetics, quality features

Giriş

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) *Ebenaceae* familyasına dahil olan ve sıcak iklimlerde yetiştirilen bir meyve türüdür (Kayacan ve ark., 2020). Anavatanı başta Çin olmak üzere Kore, Japonya, Brezilya ve İtalya gibi ılıman iklim bölgelerinde ve ülkemizde Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Çelen, 2019; Butt ve ark., 2015). Yüksek oranda lif, karbonhidrat, protein,

yağ, potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum gibi zengin besin içeriğinin yanı sıra A, C ve E vitaminlerini de bünyesinde barındırmaktadır (Matheus ve ark., 2022; Tardugno ve ark., 2022). Ayrıca, askorbik asit, karotenoidler, fenolikler ve tanenler gibi biyoaktif bileşenleri de yapısında bulundurmaktadır (Çalışkan ve Dirim, 2015; Bozkir ve ark., 2019). Meyvenin, zengin besin içeriğinin yanı sıra bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde, kolesterolü ve tansiyonun düşürülmesinde, sindirim sistemi hastalıklarının ve kanserin önlenmesinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Bölek ve Obuz, 2014; Khaled ve ark., 2020). Taze olarak tüketiminin yanında farklı şekillerde işlenmesi sonucunda reçel, marmelat, dondurma ve pasta yapımında kullanımına ilave olarak kurutulmuş haliyle müsli, aperatif ve kahvaltılık gevrek olarak da çeşitli tüketim alanları söz konusudur (Çelen, 2019; Senadeera ve ark., 2020). Çeşit bazında ele alındığında, tanen içeriği ve organoleptik özelliklerine göre buruk ve buruk olmayan hurma şeklinde sınıflandırılmaktadır (Anjum ve ark., 2021). *Fuyu* çeşidi, buruk olmayan bir hurma çeşidi olması sebebiyle tanen içermez ve olgunlaşması beklenmeden doğrudan taze olarak tüketilebilmektedir (Nugraheni ve Rahmawati, 2013; Khan ve ark., 2019). *Hachiya*, kalp biçiminde ve en yaygın bilinen buruk hurma çeşididir. Yüksek çözünür tanen içeriği nedeniyle serttir ve olgunlaşmadan yenildiğinde ağızda buruk bir tat bırakmaktadır (Nugraheni ve Rahmawati, 2013; Çalışkan ve Dirim, 2015). *Rojo Brillante* ise buruk bir hurma çeşidi olup, diğer hurma çeşitlerine kıyasla geniş çapı (7-9 cm), yüksek nem içeriği, yüksek glukoz ve fruktoz şeker içeriği sebebiyle mikrobiyal kontaminasyona karşı hassastır (Cárcel ve ark., 2007; Hernández-Carrión ve ark., 2015; Senadeera ve ark., 2020; Kayacan ve ark., 2020). Meyvede istenmeyen olumsuz değişimlerin önlenmesi, raf ömrünün uzatılması ve dört mevsim sürekli olarak tüketilebilmesini sağlamak için konserve, dondurma ve kurutma gibi muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın ve alternatif olarak kullanılan yöntem kurutmadır (Çalışkan ve Dirim, 2015; Kayacan ve ark., 2020). Trabzon hurması ile ilgili yapılan kurutma çalışmalarında; sıcak havayla (Akyıldız ve ark., 2004), güneşte açık alanda (Park ve ark., 2006), vakumla (Jung ve ark., 2005), dondurarak (Karaman ve ark., 2014), kombine mikrodalga-konvektif ve vakum-dondurarak kurutma (Jia ve ark., 2019) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler dışında infrared kurutma, daha kısa kurutma süresi, yüksek enerji verimliliği, düşük enerji tüketimi, basit işletim kolaylığı ve düşük yatırım maliyeti nedeniyle son zamanlarda popüler bir kurutma yöntemi haline gelmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009; Onwude ve ark., 2019). Trabzon hurmasında infrared kurutma yöntemi kullanılarak yapılan birkaç çalışma bulunmaktadır. Fadaie ve ark. (2020) infrared kurutmanın kütle transfer kinetiği ve kalite parametreleri (toplam renk değişimi, rehidrasyon oranı ve yoğunluğu) üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda ise, sıcak hava-infrared kombine kurutmanın kuruma kinetiği üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Mosavi Baygi ve ark., 2015; Salehi ve ark., 2017). Yapılan bu çalışmalarda, Trabzon hurmasının sadece tek bir çeşidi ele alınmış olup farklı hurma çeşitlerinin karşılaştırmalı olarak kuruma davranışlarını inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, Trabzon hurması çeşitlerinin farklı infrared radyasyon yoğunluklarında kuruma kinetikleri ve kalite değişimlerinin incelenmesi amaç olarak ele alınmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, *Rojo Brillante*, *Fuyu* ve *Hachiya* Trabzon hurması çeşitleri kullanılmış, Çanakkale'de üretim yapan yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Örnekler testler başlayıncaya kadar +4 °C sıcaklıkta buzdolabında depolanmış, kurutma denemeleri için yeterli miktarda örnek laboratuvar ortamına alınarak oda sıcaklığına ulaşması için 2 saat bekletilmiştir. Örneklerin ilk nem içerikleri 105 °C sıcaklıkta 24 saat etüvde tutularak belirlenmiş, ilk nem içeriği %82.33 (yaş baz) ($4.56 \text{ kg}_{\text{su}} \text{ kg}_{\text{km}}^{-1}$) olarak tespit edilmiştir.

Infrared dalga boyunun ve farklı radyasyon yoğunluklarının ayarlanabilme özelliğine sahip laboratuvar ölçeğinde bir infrared kurutma düzeneği (Nasiroglu ve Kocabiyik, 2009) örneklerin kuruma davranışlarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Kurutma denemeleri 1037, 1210 ve 1407 W m^{-2} infrared radyasyon yoğunluklarında (IP) ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m s^{-1} hava hızında (Av) gerçekleştirilmiştir. Kurutma öncesinde örneklerin kabukları soyulup bir dilimleyici tarafından 5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Her bir denemede yaklaşık 250 g örnek kullanılmıştır. Kuruma süresince giriş hava sıcaklığı 25 ± 2 °C olarak ölçülmüş ve herhangi bir ısıtma işlemi uygulanmamıştır. Kurutucu, her denemeden önce ayarlanmış ve kurutma koşullarının sağlanması amacıyla yaklaşık 10 dakika boyunca boşa çalıştırılmıştır. Dilimler, teflon malzemedeki yapılmış kurutma tepsisi üzerine (400 x 250 mm) ince bir tabaka halinde yerleştirilmiş (Kocabiyik ve Tezer, 2009) ve örneklerde oluşan

kütle değişimi 0.01 g hassasiyetle Precisa XT 1200C hassas terazi ile ölçülmüş ve Balint yazılımı yardımıyla 3 dk aralıklarla bilgisayara aktarılmıştır.

Yapılan çalışmalarda, Trabzon hurmasının son nem içeriğinin %25 ile %30 arasında olması gerektiği önerildiği için (Akyıldız ve ark., 2004; Bozkir ve ark., 2019), örnekler son nem içeriği %25 yb oluncaya kadar kurutulmuştur. Kurutma süresi, ürünün son nem içeriğine düşürmek için gereken süre olarak tanımlanmıştır. Örneklerin kuruma hızı aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kocabiyik ve Tezer, 2009).

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{d_t} \quad (1)$$

Burada; DR , kuruma hızını ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1} \text{dk}^{-1}$); M_{t+dt} , $t+dt$ zamandaki nem içeriğini ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$); M_t , t anındaki nem içeriğini ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$); d_t , kurutma periyodunda nem içeriğinin hesaplandığı zamanı (dk) ifade etmektedir.

Efektif difüzyon katsayısı D_{eff} ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$), kurutulmuş ürünün kaybettiği nemin yayılımıyla ilişkili bir parametredir. Gıdaların ince tabaka kurutma parametreleri Fick'in difüzyon eşitliği kullanılarak tanımlanmaktadır. Örneklerin efektif difüzyon katsayısı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \exp\left(\frac{-D_{eff}(2n+1)^2 \pi^2 t}{4L^2}\right) \quad (2)$$

MR : nem oranı, M_t : t anındaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$); M_e : kurutma koşullarındaki havanın denge nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$); M_0 : kurutmadan önceki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$); D_{eff} : difüzyon katsayısı ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$); L : kurutulmuş ürünün yarı dilim kalınlığı (m); t : kurutma süresi (s)

Eşitlik (2) uzun kuruma süreleri için serinin ilk terimi alınarak basitleştirilirse ve Eşitlik (3) halini alır.

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (3)$$

Kurutma süresine karşı çizilen $\ln(MR)$ grafiğinin eğimi k olmak üzere, Eşitlik (4)'e göre hesaplanmıştır.

$$D_{eff} = \frac{4k \cdot L^2}{\pi^2} \quad (4)$$

İnfrared kurutma sisteminin donanımlarının tüketmiş olduğu elektrik enerjisi dijital bir elektrik sayacı ile ölçülmüş ve tüketilen toplam enerji belirlenmiştir. Özgül enerji tüketimi, kuruma sırasında örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı olarak tanımlanmış, buharlaştırılan birim su $\text{MJ kg}_{\text{su}}^{-1}$ olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Wang ve Sheng, 2006).

$$SEC = \frac{E_T}{M_W} \quad (5)$$

Burada; SEC ve E_T sırasıyla özgül enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimi, M_W ise buharlaştırılan suyun kütesidir.

Büzülme oranı, örneklerin kurutma öncesi ve sonrası hacimdeki değişimler baz alınarak değerlendirilmiştir. *Hachiya* ve *Rojo Brillante* çeşitleri için seçilen örneklerin boyutları dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve ortalama hacim değerleri belirlenmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009). *Fuyu*

çeşidinde ise hacim ölçümü dereceli silindirde taşıma yöntemi ve haşhaş tohumları kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin büzülme katsayıları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kocabiyik ve ark., 2015).

$$\%S = \frac{V_f - V_d}{V_f} 100 \quad (6)$$

Burada; %S: büzülme oranı. V_d ve V_f sırasıyla kurutulmuş ve taze Trabzon hurması dilimlerinin hacmini ifade etmektedir.

Kurutulmuş ürünlerin kalite parametrelerinden birisi de ürünün tekrar su alabilme yeteneği olan rehidrasyon özelliğidir. Kurutulmuş örnek gruplarından alınan 20 g örnek, 100 mL'lik beher içerisinde 35 °C'de izotermik su banyosunda saf su içerisinde 30 dakika boyunca bekletilerek rehidre edilmiştir. Rehidrasyon öncesi ve sonrası kütle değişiminden yararlanılarak rehidrasyon oranı aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009).

$$R_r = \frac{M_r}{M_d} \quad (7)$$

Burada; R_r : rehidrasyon oranı. M_d ve M_r sırasıyla kurutulmuş ve rehidre edilmiş Trabzon hurması dilimlerinin kütleleridir.

Kurutma öncesi ve sonrasında renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılacak olan 10 adet dilim örneği numaralandırılmış ve Minolta CR-400 Chroma meter (Minolta Co., Osaka, Japonya) ile CIE Lab^* renk uzayında L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık/yeşillik) ve b^* (sarılık/mavilik) parametreleri ölçülmüştür. Toplam renk değişimi (ΔE) değerleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Alibaş ve ark., 2021).

$$\Delta E = \sqrt{(L_r^* - L_d^*)^2 + (a_r^* - a_d^*)^2 + (b_r^* - b_d^*)^2} \quad (8)$$

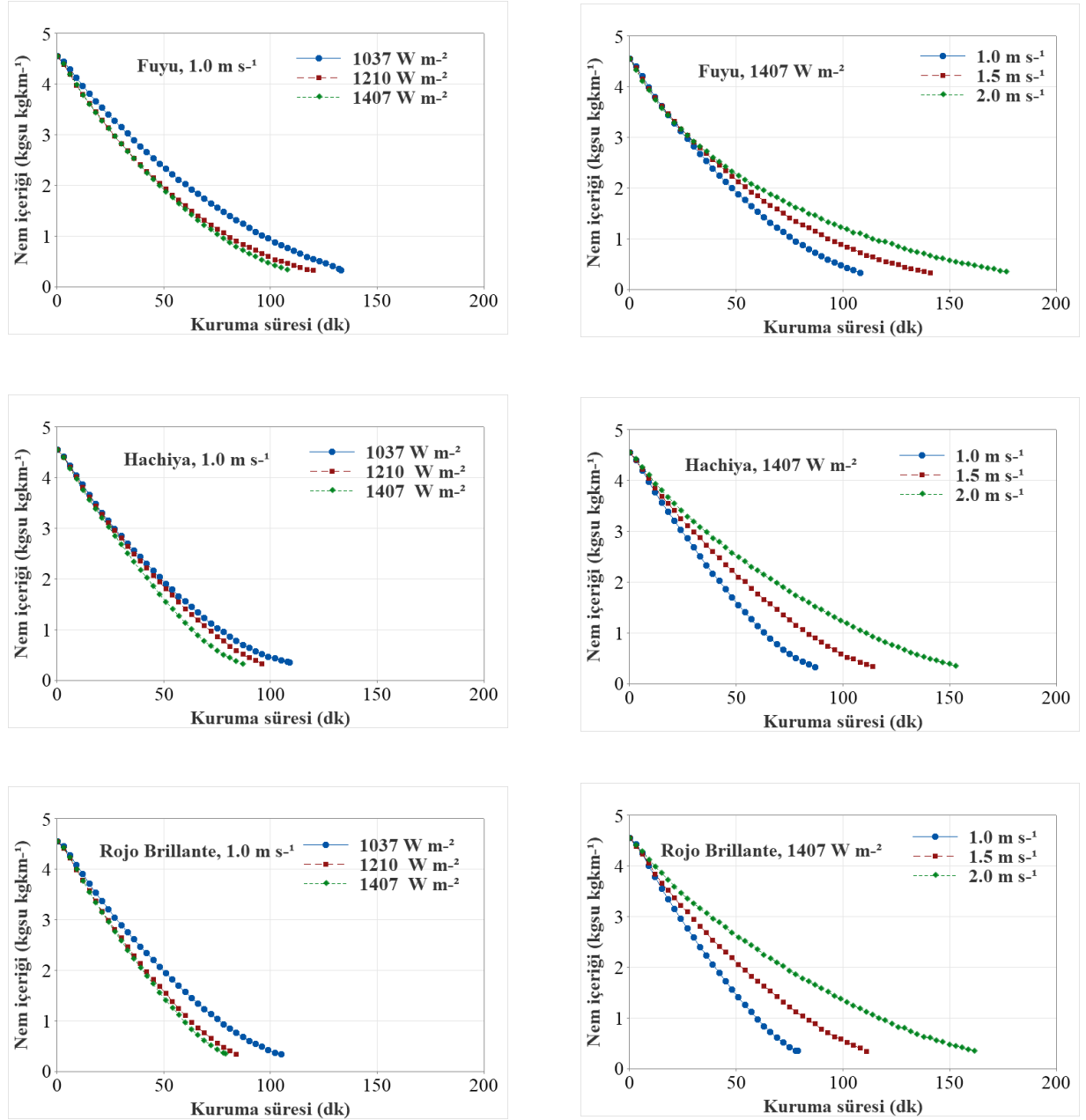
Burada; r indisiyle gösterilen değerler taze, d indisiyle gösterilen değerler ise kurutulmuş örneklerin renk parametreleridir.

Bağımsız değişkenlerin (IP ve Av) kurutma süresi, SEC , D_{eff} , R_r , %S ve ΔE üzerindeki etkilerini saptamak amacıyla Minitab R21.4 istatistik yazılımı (StatSoft, Inc., Tulsa OK, ABD) kullanılarak %5 önemlilik düzeyinde ANOVA testi yapılmış ve ortalamalar arası farklılıklar %5 güven düzeyinde Tukey testiyle belirtilmiştir.

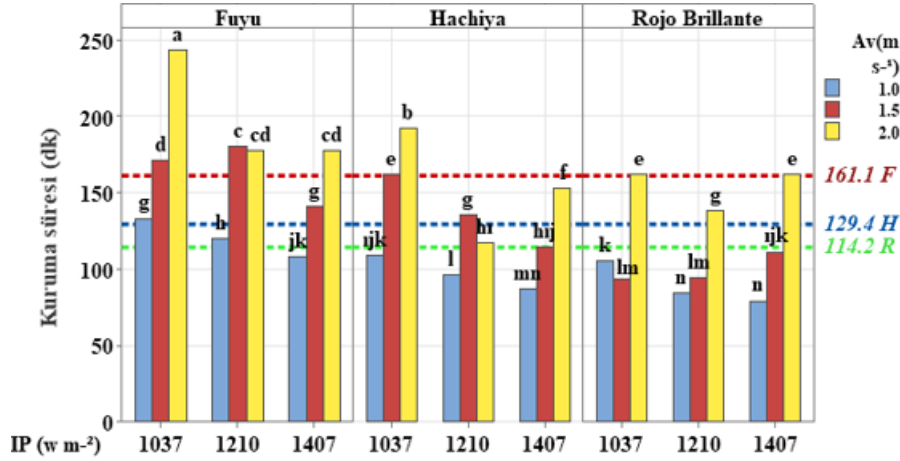
Bulgular ve Tartışma

Hurma çeşidi, infrared radyasyon yoğunluğu (IP) ve hava hızına (Av) göre kuruma süresinin değişimi Şekil 2'de görülmektedir. *Fuyu* çeşidinde son nem içeriğine ulaşmak için gerekli olan kurutma süreleri 1037 - 1407 W m⁻² IP aralığında 1.0 m s⁻¹ hava hızı için 108 - 133 dk, 1.5 m s⁻¹ hava hızı için 141 - 180 dk ve 2.0 m s⁻¹ hava hızı için 177 - 243 dk arasında değişirken, aynı IP ve Av değerlerinde *Hachiya* için 87 - 109 dk, 114 - 162 dk ve 117 - 192 dk arasında, *Rojo Brillante* için ise 79 - 105 dk, 93 - 111 dk, 138 - 162 dk arasında değişmiştir. Infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla kuruma süreleri azalma eğilimi göstermiştir. Buna karşın, hava hızının artmasıyla kuruma süresinde uzama meydana gelmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009; Nasıroğlu ve Kocabiyik, 2009; Kocabiyik ve ark., 2012; Kocabiyik ve ark., 2015). Sabit bir Av değerinde IP değerinin artmasıyla *Fuyu* çeşidinde yaklaşık olarak %23.15 - 37.29, *Hachiya* için %25.29 - 64.10 ve *Rojo Brillante* için ise %17.39 - 32.91 arasında kuruma sürelerinde azalma meydana gelmiştir. Buna karşılık, sabit IP'de Av değerinin artmasıyla aynı çeşitlerin kuruma sürelerinde yaklaşık olarak sırasıyla %50.00 - 82.71, %75.86 - 84.38 ve %64.29 - 105.06 oranında artış olmuştur (Şekil 1 ve 2). Hurma çeşidi, IP ve Av'nin kuruma süresi üzerine etkisi önemli olmuştur (P<0.05). Genel olarak *Rojo Brillante* çeşidi diğer çeşitlere göre daha kısa sürede kurumuştur. Salehi ve ark. (2017) sıcak hava (55-75 °C)- infrared (150-

375 W) kombine kurutma yöntemini kullanarak yapmış olduğu çalışmada, kurutma sıcaklığının ve radyasyon gücünün artmasıyla kuruma sürelerinde sırasıyla, %36 ve % 68.4 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. Doymaz (2012) Trabzon hurması dilimlerini konvektif olarak kuruttuğu çalışmada, 50, 60 ve 70 °C'deki örneklerin son nem içeriğine ulaşması için gereken kurutma sürelerini sırasıyla 450, 345 ve 240 dakika olarak tespit etmiştir. Karaaslan (2014) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 5 farklı mikrodalga güç seviyesinde kuruttuğu çalışmada, mikrodalga güç seviyelerindeki artışla beraber kurutma sürelerinde azalma olduğunu bildirmiştir. Kaya ve ark. (2015) Trabzon hurmasını 40, 50 ve 60°C'de ve 0.5, 1.0 ve 1.5 m s⁻¹ hava hızında konvektif sıcak havayla kuruttukları çalışmada, hava hızının yükseltilmesiyle, kurutma sürelerinde %53 oranında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.



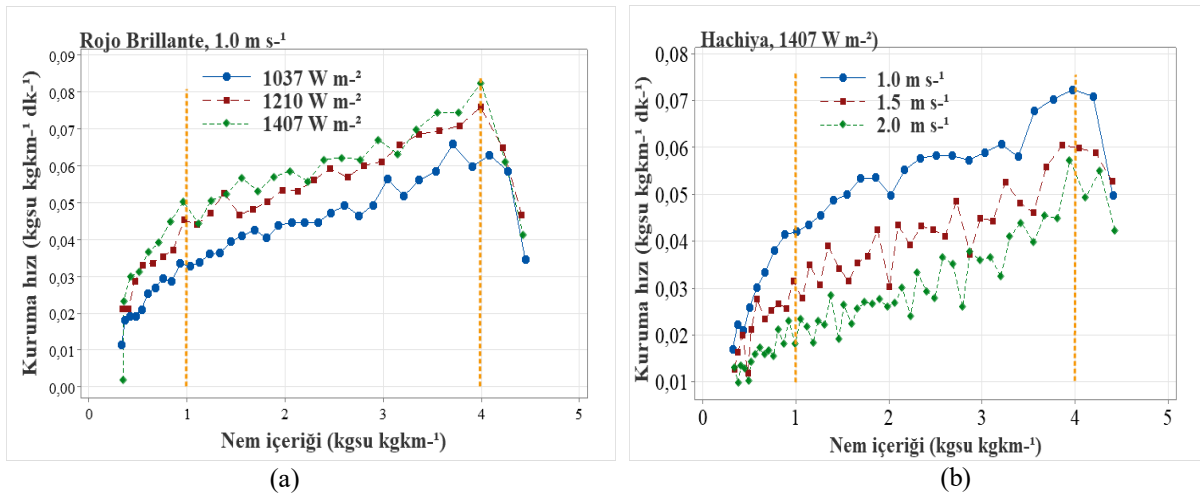
Şekil 1. Trabzon hurması çeşitlerinin kuruma süresine bağlı olarak nem içeriğindeki değişimleri
Figure 1. Changes in moisture content of persimmon cultivars depending on drying time



Şekil 2. Trabzon hurması çeşidi, IP ve Av'ye göre kuruma süresinin değişimi (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- ort.)

Figure 2. Variation of drying time according to persimmon cultivar, IP and Av (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- mean)

Trabzon hurması dilimlerinin nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak kurutma hızı değişimleri Şekil 3'de görülmektedir. Bu kuruma eğrilerinde üç kuruma hızı evresi gözlenmiştir. Her üç hurma çeşidinde de, kurutma işleminin başlangıcında, kurutulan ürünün sıcaklığı kurutucu ortam sıcaklığı ile dengeye gelinceye kadar gözlenen ısınma periyodu, devamında materyalin iç kısımlarındaki nemin sabite yakın bir oranda azalmasıyla gözlenen sabit hızla kurutma periyodu ve kuruma hızının kademeli olarak azaldığı azalan hızda kuruma periyodu meydana geldiği açık bir şekilde görülmektedir. Sabit Av değerinde IP'nin artmasıyla kuruma hızı yüksek bir eğilim izlemiştir (Şekil 3a). Buna karşın sabit bir IP değerinde Av'nin artmasıyla kuruma hızı daha düşük eğilim göstermiştir (Şekil 3b). Nem içeriğindeki ve IP değerindeki azalma ile kuruma hızı da azalmıştır. Benzer şekilde, elma dilimlerinde Nowak ve Lewicki (2004), patatesten Afzal ve Abe (1999), soğan dilimlerinde Sharma ve ark. (2005), Pathare ve Sharma (2006), şeftalide Wang ve Sheng (2006) artan infrared radyasyon yoğunluğu ile kuruma hızının da arttığını bildirmişlerdir.

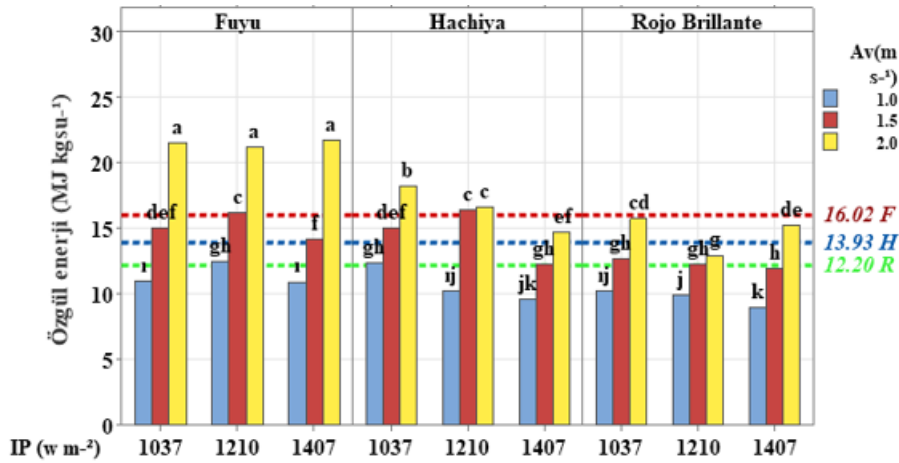


Şekil 3. Nem içeriğine bağlı olarak kurutma hızının değişimleri (a: Av: 1.0 m s⁻¹; b: IP: 1407 W m⁻²)

Figure 3. Changes of drying rate depending on moisture content (a: Av: 1.0 m s⁻¹; b: IP: 1407 W m⁻²)

Özgül enerji tüketim değerleri (*SEC*) tüm kurutma koşullarında *Fuyu* çeşidi için 10.91 - 21.73 MJ kg_{su}⁻¹, *Hachiya* için 9.56 - 18.22 MJ kg_{su}⁻¹ ve *Rojo Brillante* için ise 8.95 - 15.72 MJ kg_{su}⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Şekil 4). En yüksek özgül enerji tüketim değeri *Fuyu* çeşidinde 1407 W m⁻² IP ve 2.0 m s⁻¹ elde edilirken en düşük özgül enerji tüketim değeri *Rojo Brillante* çeşidi için 1407 W m⁻² IP ve 1.0 m s⁻¹ Av değerinde elde edilmiştir. Tüm çeşitlerde, sabit IP değerinde Av'nin artmasıyla

özgül enerji tüketimi değerleri artmıştır. Sabit bir IP değerinde Av değerinin artmasıyla *Fuyu* çeşidinde yaklaşık olarak %69.6 - 99.18, *Hachiya* için %47.65 - 62.66 ve *Rojo Brillante* için ise %30.44 - 70.06 arasında SEC değerinde artış meydana gelmiştir. Buna karşılık, sabit Av'de IP değerinin artmasıyla aynı çeşitlerin SEC değerlerinde yaklaşık olarak sırasıyla %2.5 - 14.63, %23.69 - 33.96 ve %6.37 - 21.48 oranında azalma olmuştur (Şekil 4). Nasiroğlu ve Kocabiyik (2009) kırmızı biber ile yapmış oldukları çalışmada, sabit Av'de IP'deki artışla birlikte SEC değerlerinin azaldığını belirtmiştir. Çeşit ve hava hızının özgül enerji tüketimi üzerindeki etkisi önemli olmuştur ($P < 0.05$). Trabzon hurması dilimlerinin mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulmasına dair yapılan çalışmada özgül enerji tüketim değerinin 1.66 - 12.94 kWh kg_{su}⁻¹ (5.97 - 46.58 MJ kg_{su}⁻¹) arasında değiştiği belirtilmiştir (Yılmaz, 2022). Çelen (2019) Trabzon hurmasını 120, 350, 460 ve 600 W'ta mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutmuş, mikrodalga güç seviyelerinin artmasıyla özgül enerji tüketimi değerlerinin azaldığını bildirmiştir.



Şekil 4. Özgül enerji tüketiminin Trabzon hurmasının çeşidi, IP ve Av'ye göre değişimi (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- ort.)

Figure 4. Variation of specific energy consumption according to persimmon variety, IP and Av (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- mean)

Trabzon hurması dilimlerinin efektif difüzyon katsayısı değerlerinin (D_{eff}) çeşit, IP ve Av'ye göre değişimleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çeşitler ele alındığında, D_{eff} değerleri *Fuyu* çeşidi için 2.58×10^{-8} - 5.97×10^{-8} m² s⁻¹, *Hachiya* için 3.27×10^{-8} - 7.52×10^{-8} m² s⁻¹ ve *Rojo Brillante* için ise 3.85×10^{-8} - 8.15×10^{-8} m² s⁻¹ arasında değişmiştir. Diğer çeşitlere kıyasla, *Rojo Brillante* çeşidinde D_{eff} değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun yanında, *Fuyu* ve *Hachiya* çeşitlerinde sabit Av'de IP değerlerinin artmasıyla D_{eff} değerlerinde artış eğilimi göstermiştir. Bu durum, ürün içerisindeki suyun daha kolay ve hızlı buharlaşmasına neden olmakta ve kuruma süresinin azalmasına etki etmektedir (Şekil 1 ve Çizelge 1). Doymaz (2012) 50, 60 ve 70 °C'de konvektif kurutucuyu yaptığı çalışmada, Trabzon hurmasının D_{eff} değerlerinin 7.05×10^{-11} - 2.34×10^{-10} m² s⁻¹ arasında değiştiğini saptamıştır. Kaya ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada hava hızının ve sıcaklığın artmasıyla birlikte D_{eff} değerlerinde artış gözlemlenmiş, üründen konveksiyonla transfer edilen kütle miktarının da arttığını ve buna bağlı olarak kuruma sürelerinde azalma olduğunu vurgulamıştır. Çelen (2019) farklı kalınlıklarda (5, 7 ve 9 mm) dilimlenen Trabzon hurmalarını mikrodalgayla kuruttuğu çalışmada, D_{eff} değerlerinin 4.63×10^{-6} - 2.97×10^{-8} m² s⁻¹ aralığında olduğunu belirlemiş, dilim kalınlıklarının ve mikrodalga güç seviyelerinin artmasıyla D_{eff} değerinde artış olduğunu ifade etmiştir.

Rehidrasyon oranı (R_r), kurutulmuş ürünün tekrar suyu alabilme yeteneğinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinin rehidrasyon oranı değerleri *Fuyu* çeşidi için 1.91 - 2.30, *Hachiya* için 2.24 - 2.60 ve *Rojo Brillante* için 2.42 - 3.03 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Genel olarak çeşitler arasında *Rojo Brillante* en yüksek rehidrasyon oranı değerlerine sahip olurken, bunu sırasıyla *Hachiya* ve *Fuyu* çeşitleri takip etmiştir (Çizelge 1). En yüksek rehidrasyon oranı *Rojo Brillante* çeşidinde 1037 W m⁻² IP, 1.0 ve 1.5 m s⁻¹ Av etkileşimi ile 1210 W m⁻² IP ve 1.5 m s⁻¹ Av etkileşiminde elde edilmiştir. Buna karşın, en düşük rehidrasyon değerinin ise *Fuyu* çeşidinde 1037 W m⁻² IP ve 2.0 m s⁻¹ Av'nin etkileşim noktasında olduğu tespit

edilmiştir. Çeşit, IP faktörlerinin ve tüm faktör interaksiyonlarının rehidrasyon oranı üzerine etkisi önemli olmuş ($P<0.05$), ancak Av'nin tek başına önemli bir etkisi olmamıştır. Trabzon hurmasının dondurarak, sıcak hava, kombine sıcak hava-mikrodalga yöntemleriyle kurutulduğu çalışmada rehidrasyon oranı değerleri sırasıyla 4.17, 3.39 ve 4.03 olarak bulunmuştur (Jia ve ark., 2019). Bozkir ve ark. (2019) çalışmasında 60 °C sıcaklıkta kurutulan *Kaki* cinsi Trabzon hurmasının rehidrasyon oranı değerini 1.80 olarak belirlemiştir.

Kurutma şartlarına bağlı olarak Trabzon hurması dilimlerinin büzülme değerleri (%S) Çizelge 1'de verilmiştir. Çeşitler ele alındığında, büzülme değerleri *Fuyu* çeşidi için % 47.4 - 77.8, *Hachiya* için % 56.4 - 68.3 ve *Rojo Brillante* için ise % 63.9 - 71.2 arasında değişmiştir. Çeşitler arasında ortalama en yüksek büzülme değeri, yani en yüksek hacimsel değişim *Rojo Brillante* çeşidinde olurken, ortalama en düşük büzülme *Hachiya* çeşidinde meydana gelmiştir. Ancak tüm çeşitler benzer büzülme eğilimi göstermiştir. En yüksek rehidrasyon oranı ve büzülme değerleri *Rojo Brillante* çeşidinde tespit edilmiştir. Bu durumun, çeşidin büzülmesi sırasında gözeneklerin daha az kapanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çeşit, IP ve Av değişkenlerinin bireysel ve interaksiyonlarının büzülme üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmamıştır ($P<0.05$). Çelen (2019) mikrodalga kurutma yöntemini kullandığı çalışmada, Trabzon hurması dilimlerinin büzülme değerlerinin %30 - 75 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Senadeera ve ark. (2020) *Rojo Brillante* cinsi Trabzon hurmasının 6 mm kalınlığındaki dilimlerini konvektif olarak kuruttuğu çalışmada, sıcaklıkların artması ile büzülme değerlerinde azalma olduğunu belirlemiştir. Giovagnoli-Vicuña ve ark. (2017) Trabzon hurmasını 60 °C ve 1.5 m s⁻¹ hava hızında sıcak hava ile kuruttukları çalışmada, merkez ve yüzey kısımlarındaki hava akışının büzülme üzerindeki etkisini incelemişler ve en düşük büzülme değerinin, sıcak hava akışına daha az maruz kalan merkez bölgesinde (%23.2) olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 1. Trabzon hurması çeşitlerinin D_{eff} , R_r ve %S değerleri

Table 1. D_{eff} , R_r and %S values of persimmon cultivars

Çeşit	IP (W m ⁻²)	Av (m s ⁻¹)	D_{eff} (m ² s ⁻¹)	R_r	%S
<i>Fuyu</i>	1037	1.0	4.73x10 ⁻⁸ ns	2.13 fghij	47.4 ns
		1.5	3.72x10 ⁻⁸ ns	1.93 ij	75.0 ns
		2.0	2.58x10 ⁻⁸ ns	1.91 j	77.8 ns
	1210	1.0	5.57x10 ⁻⁸ ns	2.07 hij	75.0 ns
		1.5	3.54x10 ⁻⁸ ns	1.93 ij	60.0 ns
		2.0	3.52x10 ⁻⁸ ns	2.09 ghij	57.6 ns
	1407	1.0	5.97x10 ⁻⁸ ns	2.10 ghij	72.2 ns
		1.5	4.63x10 ⁻⁸ ns	2.20 fghij	76.2 ns
		2.0	3.49x10 ⁻⁸ ns	2.30 defghi	64.9 ns
<i>Hachiya</i>	1037	1.0	6.05x10 ⁻⁸ ns	2.50 bcdef	57.7 ns
		1.5	4.02x10 ⁻⁸ ns	2.41 cdefgh	68.3 ns
		2.0	3.27x10 ⁻⁸ ns	2.35 defgh	56.4 ns
	1210	1.0	6.61x10 ⁻⁸ ns	2.44 cdefg	62.4 ns
		1.5	4.71x10 ⁻⁸ ns	2.31 defgh	56.8 ns
		2.0	5.39x10 ⁻⁸ ns	2.60 bcde	64.3 ns
	1407	1.0	7.52x10 ⁻⁸ ns	2.44 cdefgh	65.5 ns
		1.5	5.54x10 ⁻⁸ ns	2.28 efghij	67.0 ns
		2.0	4.05x10 ⁻⁸ ns	2.24 efghij	62.8 ns
<i>Rojo Brillante</i>	1037	1.0	6.15x10 ⁻⁸ ns	3.03 a	65.7 ns
		1.5	7.01x10 ⁻⁸ ns	2.98 a	68.6 ns
		2.0	3.92x10 ⁻⁸ ns	2.83 ab	66.2 ns
	1210	1.0	7.52x10 ⁻⁸ ns	2.76 abc	67.2 ns
		1.5	6.76x10 ⁻⁸ ns	2.98 a	71.2 ns
		2.0	4.58x10 ⁻⁸ ns	2.60 bcde	67.7 ns
	1407	1.0	8.15x10 ⁻⁸ ns	2.48 bcdef	68.4 ns
		1.5	5.57x10 ⁻⁸ ns	2.67 abcd	70.8 ns
		2.0	3.85x10 ⁻⁸ ns	2.42 cdefgh	63.9 ns

Tukey testi: Aynı sütunda, aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında fark yoktur ($p>0.05$).

ns: İstatistiki açıdan fark yoktur. Tukey test: There is no difference between the treatments shown with the same letters in the same column ($p>0.05$). ns: No statistical difference.

Kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinin toplam renk değişimi (ΔE) *Fuyu* çeşidi için 6.53 - 13.96, *Hachiya* için 13.65 - 21.01 ve *Rojo Brillante* için ise 7.64 - 16.34 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 2 ve Şekil 5). En yüksek ve en düşük toplam renk değişimi (ΔE) sırasıyla *Hachiya* ve *Fuyu* çeşidinde 1407 W m^{-2} IP'de, 2.0 m s^{-1} olduğu bulunmuştur. *Fuyu* çeşidinde 1037 W m^{-2} IP'de ve *Hachiya* çeşidinde 1037 W m^{-2} ve 1407 W m^{-2} IP değerinde Av'nin artmasıyla ΔE artmıştır. Ancak, *Fuyu* 1407 W m^{-2} IP değerinde Av'deki artışla, ΔE değeri azalmıştır. Ayrıca, tüm çeşitlerde 1.0 m s^{-1} 'de, IP değerlerinin artmasıyla ΔE değerlerinde artışın yani renkte esmerleşmenin meydana geldiği görülmüştür. Faktörler içerisinde çeşidin renk değişimi üzerine etkisi önemli iken IP ve Av bireysel olarak renk değişimine etkisi önemsiz olmuştur. Bunlara ilave olarak, çeşit x IP, IP x Av ve çeşit x IP x Av faktör etkileşimleri renk değişimi üzerine önemli bir etkiye sahip olmuştur ($P < 0.05$). Fadaie ve ark. (2020) infrared kurutma (200, 300 ve 400 W) yöntemi ile kurutulmuş Trabzon hurmalarının ortalama ΔE değerlerinin 10.09 - 20.04 aralığında olduğunu tespit etmiştir. Yıldız ve ark. (2023) mikrodalga (100 W) ve konvektif (50 ve 100 °C) kurutma yöntemlerini kullandıkları çalışmada Trabzon hurması dilimlerinde 24.95 - 30.93 aralığında renk değişimi olduğunu belirtmişlerdir. Lim ve Eom (2022) Trabzon hurması dilimlerinin (3 mm) 30, 60 ve 90 °C'de sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulduğu çalışmada, 90 °C'de kurutulan örneklerin renk kaybının diğerlerine kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çelen (2019) dilim kalınlıklarının artmasıyla ürünlerdeki renk değişiminin azalma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.

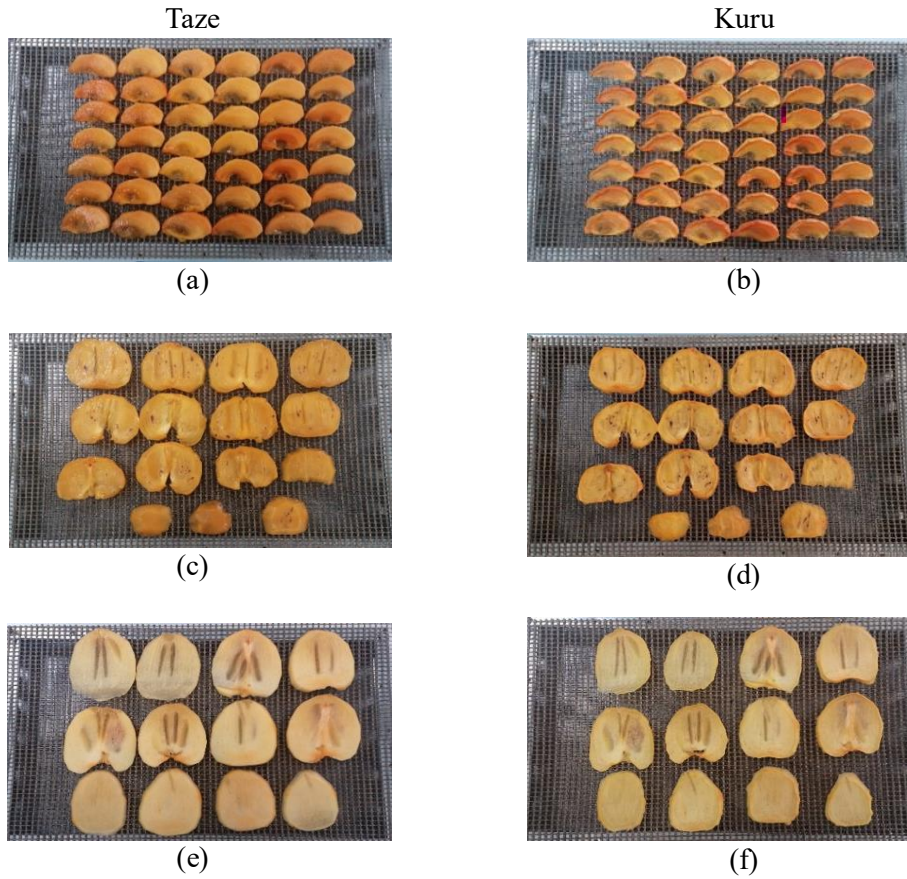
Çizelge 2. Trabzon hurması çeşitlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Table 2. ΔE , ΔL , Δa and Δb values of persimmon cultivars

Çeşit	IP (W m^{-2})	Av (m s^{-1})	ΔL	Δa	Δb	ΔE
<i>Fuyu</i>	1037	1.0	0.31	-1.97	6.58	8.00 efg
		1.5	-4.16	-4.22	-5.43	8.64 defg
		2.0	-3.73	-4.03	-2.50	9.34 defg
	1210	1.0	-7.28	-3.37	-6.76	11.61 bcdefg
		1.5	-1.05	-4.15	-2.22	7.39 fg
		2.0	-8.40	-5.34	-8.44	13.61 abcdefg
	1407	1.0	-8.39	-4.62	-8.85	13.96 abcdefg
		1.5	-0.66	-4.08	0.85	6.97 fg
		2.0	-1.73	-3.74	-2.56	6.53 g
<i>Hachiya</i>	1037	1.0	-13.17	-1.81	-3.23	15.25 abcde
		1.5	-13.14	-1.19	-6.93	15.30 abcde
		2.0	-16.76	-1.93	-6.58	18.37 ab
	1210	1.0	-14.71	0.22	-4.55	15.88 abcd
		1.5	-11.73	-1.36	-3.1	13.65 abcdefg
		2.0	-14.20	-1.20	-3.35	14.74 abcdef
	1407	1.0	-6.29	-4.74	6.25	17.88 abc
		1.5	-17.32	-1.20	-7.56	19.09 ab
		2.0	-18.53	-1.14	-8.38	21.01 a
<i>Rojo Brillante</i>	1037	1.0	0.18	-3.72	-2.36	8.96 defg
		1.5	-5.54	-1.65	-2.95	7.64 efg
		2.0	-13.10	-3.47	-8.06	16.34 abcd
	1210	1.0	-3.67	-3.08	1.34	10.44 cdefg
		1.5	-9.86	-3.14	-10.22	14.69 abcdef
		2.0	-8.36	-2.07	-3.28	9.43 defg
	1407	1.0	-4.67	-3.13	0.81	12.08 bcdefg
		1.5	-8.10	-2.23	-8.86	12.52 bcdefg
		2.0	-5.94	-1.13	-5.08	9.81 defg

Tukey testi: Aynı sütunda, aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında fark yoktur ($p > 0.05$).

Tukey test: There is no difference between the treatments shown with the same letters in the same column ($p > 0.05$).



Şekil 5. Örneklerin taze- kuru görüntüleri (a,b: *Fuyu*, c,d: *Hachiya*, e,f: *Rojo Brillante*) (IP: 1210 W m⁻²; Av: 1.5 m s⁻¹)

Figure 5. Fresh and dry images of the samples (a,b: *Fuyu*; c,d: *Hachiya*; e,f: *Rojo Brillante*) (IP: 1210 W m⁻²; Av: 1.5 m s⁻¹)

Sonuç ve Öneriler

Üç farklı infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızının Trabzon hurması *Fuyu*, *Hachiya* ve *Rojo Brillante* çeşitlerinin kuruma kinetikleri, efektif difüzyon katsayıları, özgül enerji tüketimleri, renk değişimleri, büzülme, rehidrasyon oranı gibi bazı parametreler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kuruma süresi, artan infrared radyasyon yoğunluğu ile azalırken, artan hava hızı ile artmıştır. Tüm çeşitler incelendiğinde, *Rojo Brillante* çeşidinde diğer çeşitlere kıyasla daha kısa kurutma süreleri elde edilirken, buna paralel olarak daha yüksek etkin nem difüzyon katsayısı değerleri ve daha düşük özgül enerji tüketim değerleri elde edilmiştir. Kalite parametreleri bazında değerlendirildiğinde ise, en yüksek rehidrasyon oranı *Rojo Brillante* çeşidinde, en düşük büzülme *Hachiya* çeşidinde ve en düşük toplam renk değişimi ise *Fuyu* çeşidinde tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, her üç çeşidinde kurutmalık olarak değerlendirilebileceği, ilave olarak *Rojo Brillante* çeşidinin kurutulması işletme özellikleri ve kalite parametreleri açısından diğer çeşitlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği bu nedenle bu çeşidin öncelikli kullanılabilirliği önerilebilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Afzal, T. M., Abe, T., 1999. Some fundamental attributes of far infrared radiation drying of potato. *Drying Technology*. 17(1-2): 138-155.
- Akyıldız, A., Aksay, S., Benli, H., Kiroğlu, F., Fenercioğlu, H., 2004. Determination of changes in some

- characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. *Journal of Food Engineering*. 65(1): 95-99.
- Alibaş, İ., Yılmaz, A., Günaydın, S., Arkain, B., 2021. Influence of drying methods on drying kinetics and color parameters. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 9(5): 897-908.
- Anjum, N., Bhat, A., Hameed, F., 2021. Effect of drying methods on chemical composition, color and bioactive compounds of persimmon (*Diospyros kaki* L.) pulp. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 22 (39-40): 67-76.
- Bölek, S., Obuz, E., 2014. Quality characteristics of Trabzon persimmon dried at several temperatures and pretreated by different methods. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 38(2): 242-249.
- Bozkir, H., Ergün, A. R., Serdar, E., Metin, G., Baysal, T., 2019. Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry*. 54: 135-141.
- Butt, M. S., Sultan, M. T., Aziz, M., Naz, A., Ahmed, W., Kumar, N., Imran, M., 2015. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: hidden phytochemicals and health claims. *EXCLI Journal*. 14: 542-561.
- Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Riera, E., Mulet, A., 2007. Influence of high-intensity ultrasound on drying kinetics of persimmon. *Drying Technology*. 25(1): 185-193.
- Çelen, S., 2019. Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of Trabzon persimmon. *Foods*. 8(2): 84.
- Çalışkan, G., Dirim, S. N., 2015. Freeze drying kinetics of persimmon puree. *Gıda*. 40(1): 9-14.
- Doymaz, İ., 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy Conversion and Management*. 56: 199-205.
- Fadaie, M., Hosseini Ghaboos, S. H., Beheshti, B., 2020. Characterization of dried persimmon using infrared dryer and process modeling using genetic algorithm-artificial neural network method. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 17(100): 189-200.
- Giovagnoli-Vicuña, C., Moraga, N. O., Briones-Labarca, V., Pacheco-Pérez, P., 2017. Quality assessment and mathematical modeling of hot-air convective drying of persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit. *International Journal of Food Engineering*. 13(7): 20160333.
- Hernández-Carrión, M., Sanz, T., Hernando, I., Llorca, E., Fiszman, S. M., Quiles, A., 2015. New formulations of functional white sauces enriched with red sweet pepper: A rheological, microstructural and sensory study. *European Food Research and Technology*. 240: 1187-1202.
- Jia, Y., Khalifa, I., Hu, L., Zhu, W., Li, J., Li, K., Li, C., 2019. Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics: A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. *Food and Bioproducts Processing*. 118: 67-76.
- Jung, S. T., Park, Y. S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Gorinstein, S., 2005. Some essential phytochemicals and the antioxidant potential in fresh and dried persimmon. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 56(2): 105-113.
- Karaaslan, S., 2014. Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulmasında uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 9(1): 8-15.
- Karaman, S., Toker, O. S., Çam, M., Hayta, M., Doğan, M., Kayacier, A., 2014. Bioactive and physicochemical properties of persimmon as affected by drying methods. *Drying Technology*. 32(3): 258-267.
- Kaya, A., Kamer, M. S., Şahin, H. E., 2015. Trabzon hurmasının (*Diospyros kaki* L.) Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. *GIDA*. 40(1): 15-21.
- Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., Doymaz, I., Sagdic, O., 2020. Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, in vitro bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. *LWT-Food Science and Technology*. 118: 108830.
- Khaled, A. Y., Kabutey, A., Selvi, K. Ç., Mizera, Č., Hrabe, P., Herák, D., 2020. Application of computational intelligence in describing the drying kinetics of persimmon fruit (*Diospyros kaki*) during vacuum and hot air drying process. *Processes*. 8(5): 544.
- Khan, M. S. N., Durrani, Y., Hashmi, M. S., Muhammad, A., Uzair, M., Ali, S. A., Shalid, M., 2019. Influences of Antioxidants Treatments on Dried Persimmon Fruit. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28(11): 8679-8688.
- Kocabiyik, H., Tezer, D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. *International Journal of Food Science & Technology*. 44(5): 953-959.
- Kocabiyik, H., Sümer, S. K., Tuncel, N. B., Büyükcan, M. B., Yılmaz, N. 2012. İnfrared kurutma yönteminin domates kurutmada kullanılması ve kurutulmuş domatesin bazı kalite özellikleri ve özgül enerji tüketimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tübitak Projesi, Proje No:109O578*.
- Kocabiyik, H., Yılmaz, N., Tuncel, N. B., Sumer, S. K., Buyukcan, M. B., 2015. Drying, energy, and some physical and nutritional quality properties of tomatoes dried with short-infrared radiation. *Food and Bioprocess Technology*. 8: 516-525.
- Lim, Y. J., Eom, S. H., 2022. The different contributors to antioxidant activity in thermally dried flesh and peel

- of astringent persimmon fruit. *Antioxidants*. 11(3): 597.
- Matheus, J. R. V., Andrade, C. J. D., Miyahira, R. F., Fai, A. E. C., 2022. Persimmon (*Diospyros kaki L.*): Chemical properties, bioactive compounds and potential use in the development of new products- A review. *Food Reviews International*. 38(4): 384-401.
- Mosavi Baygi, S. F., Farahmand, A., Taghi Zadeh, M., Zia Foroghi, A., 2015. Modeling on hot air and infrared thin layers drying of persimmon slices. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 13(53): 161-171.
- Nasiroglu, S., Kocabiyik, H., 2009. Thin-layer infrared radiation drying of red pepper slices. *Journal of Food Process Engineering*. 32(1): 1-16.
- Nowak, D., Lewicki, P. P., 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 5(3): 353-360.
- Nugraheni, M., Rahmawati, F., 2013. Potential of *Dyospyrus khaki* baverage as sources of natural antioxidant. *Pakistan Journal of Nutrition*. 12(7): 620.
- Onwude, D. I., Hashim, N., Abdan, K., Janius, R., Chen, G., 2019. The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *Journal of Food Engineering*. 241: 75-87.
- Park, Y. S., Jung, S. T., Kang, S. G., Delgado-Licon, E., Ayala, A. L. M., Tapia, M. S., Gorinstein, S., 2006. Drying of persimmons (*Diospyros kaki L.*) and the following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. *LWT-Food Science and Technology*. 39(7): 748-755.
- Pathare, P. B., Sharma, G. P., 2006. Effective moisture diffusivity of onion slices undergoing infrared convective drying. *Biosystems Engineering*. 93(3): 285-291.
- Salehi, F., Kashaninejad, M., Siahmansouri, P., Moradi, E., 2017. Moisture loss kinetics of persimmon during combined hot air-infrared drying process. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 14(2): 39-48.
- Senadeera, W., Adiletta, G., Önal, B., Di Matteo, M., Russo, P., 2020. Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*. 9(1): 101.
- Sharma, G. P., Verma, R. C., Pathare, P., 2005. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*. 71(3): 282-286.
- Tardugno, R., Gervasi, T., Nava, V., Cammilleri, G., Ferrantelli, V., Cicero, N., 2022. Nutritional and mineral composition of persimmon fruits (*Diospyros kaki L.*) from Central and Southern Italy. *Natural Product Research*. 36(20): 5168-5173.
- Wang, J., Sheng, K., 2006. Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT-Food Science and Technology*. 39(3): 247-255.
- Yildiz, E., Yılmaz, A., Gurbuz, O., Alibas, I., 2023. Effect of drying methods and pre-treatments on bioactive potential of persimmon (*Diospyros kaki L.*).
- Yılmaz, A. 2022. Doğal, konveksiyonlu, mikrodalga ve kombine mikrodalga-konveksiyonlu kurutma yöntemlerinin trabzon hurmasının biyoaktivitesi üzerine etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa Doktora Tezi, 171 s.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.