



Influence of Drying Methods on Drying Kinetics and Color Parameters

İlknur Alibaş^{1,a,*}, Ashlan Yılmaz^{1,b}, Seda Günaydın^{1,c}, Begüm Arkain^{1,d}

¹Biosystems Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University, 16059 Görükle/Bursa, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 23/12/2020 Accepted : 13/02/2021</p> <p>Keywords: Deveci pear Hot-air drying Shade drying Modeling Energy consumption</p>	<p>Deveci pear (<i>Pyrus communis</i> L. cv. Deveci) slices, whose initial moisture content is 5.24 ± 0.003 kg_{su} kg_{KM}⁻¹ (%83.95 \pm 0.01 w.b), were dried by shade drying and hot-air drying at 60, 80 and 100°C until the final moisture reached 0.13 ± 0.001 kg_{su} kg_{KM}⁻¹ (%11.40 \pm 0.06 w.b), and the drying processes of these methods were completed in 11150, 437, 252, and 148 minutes, respectively. In the study, experimentally obtained time-dependent moisture ratios were modeled using twenty different thin-layer drying equations. Accordingly, the model that gives the closest results to experimental data for 60°C and 100°C was the Modified Henderson & Pabis's equation. On the other hand, Alibas equation and Jena & Das equation were found to be the best models in shade drying and hot-air drying at 80°C, respectively. Despite no energy consumption in the shade drying method, some reasons such as this method being quite long and causing negative effects on the quality parameters of the product revealed that the shade drying method was not suitable for drying of Deveci pear. It was observed that total energy consumption increased with the increase of the drying temperature. Also, it was determined that the increase in temperature negatively affected the quality parameters. It was found to be a suitable method for drying the Deveci pear of the hot-air drying at 60°C due to the operating parameters such as drying time and specific energy consumption, as well as quality parameters such as brightness, redness, yellowness, chroma, hue angle, total color change and browning index were very close to the fresh product.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(5): 897-908, 2021

Kurutma Yöntemlerinin Deveci Armudunun Kurutma Kinetiği ve Renk Parametreleri Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 23/12/2020 Kabul : 13/02/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: Deveci armudu Sıcak havayla kurutma Gölgede kurutma Modelleme Enerji tüketimi.</p>	<p>Kuru baza göre başlangıç nemi $83,95 \pm 0,01$ y.b. ($5,24 \pm 0,003$ kg_{su} kg_{KM}⁻¹) olan $100 \pm 0,10$ g ağırlığındaki Deveci armudu dilimleri (<i>Pyrus communis</i> L. cv. Deveci) son nemi $11,40 \pm 0,06$ y.b. ($0,13 \pm 0,001$ kg_{su} kg_{KM}⁻¹) değerine ulaşmaya dek gölgede kurutma, 60, 80 ve 100°C'de sıcak havayla kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve bu yöntemlerin kurutma süreçleri sırasıyla 11150, 437, 252 ve 148 dakikada tamamlanmıştır. Çalışmada deneysel olarak elde edilen zamana bağlı ayrılabilir nem oranı değerleri yirmi farklı ince tabaka kurutma eşitliği kullanılarak modellenmiştir. Buna göre 60°C ve 100°C için deneysel verilere en yakın sonuçları veren modelin Modified Henderson & Pabis eşitliği olduğu; buna karşın gölgede kurutma ve 80°C'de kurutma yöntemlerinde ise sırasıyla Alibas eşitliğinin ve Jena & Das eşitliğinin en iyi modeller olduğu görülmüştür. Gölgede kurutma yönteminde her hangi bir enerji tüketimi olmamasına karşın bu yöntemin oldukça uzun olması ve ürünün kalite parametreleri üzerinde olumsuz etkilere yol açması gibi nedenler Deveci armudunun kurutulmasında gölgede kurutma yönteminin kullanışlı bir yöntem olmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte toplam enerji tüketiminin kurutma sıcaklığının artmasıyla yükseldiği görülmüştür. Ayrıca sıcaklık artışının kalite parametrelerini de olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Kurutma süresi ve özgül enerji tüketimi gibi işletim parametrelerinin yanı sıra parlaklık, kırmızılık, sarılık, kroma, hue açısı, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeksi gibi kalite parametrelerinin taze üründen oldukça yakın olmasından dolayı 60°C'de sıcak havayla kurutma yönteminin Deveci armudunun kurutulması için uygun bir yöntem olduğu görülmüştür.</p>

^a ialibas@uludag.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-1898-8390>

^c seda.gunaydin22@hotmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0003-2510-9638>

^e 19aslihanilyilmaz91@gmail.com

^f <http://orcid.org/0000-0002-4913-905X>

^g <https://orcid.org/0000-0001-6044-4517>



Giriş

Armut (*Pyrus communis* L.), gülgiller familyasının *Amygdaloideae* alt familyasına ait insan sağlığına pek çok faydası olduğu bilinen bir meyve türüdür (Karadeniz ve ark., 2005; Chen ve ark., 2007; Doymaz ve İsmail, 2012; Erbil ve ark., 2018). Kalp ve damar sağlığı için son derece yararlı olan armut meyvesinde bulunan antioksidan bileşikleri; kanseri ve sarı nokta hastalığını önlemek, erken yaşlanma ihtimalini düşürmek, cilt sağlığını korumak ve aynı zamanda beynin gücünü ve işlevselliğini arttırmak için en doğal destekleyicidir (Chen ve ark., 2007; Özaydın ve Özçelik, 2014). Kabuğunda bulunan lifin sindirimi kolaylaştırdığı ve iltihap önleyici olduğu bilinmektedir (Karadeniz, 1999; Chen ve ark., 2007; Özaydın ve Özçelik, 2014). İçeriğinde bulunan K vitamini sayesinde vücuttaki proteinlerin aktivitesini hızlandırmaya yardımcı olurken kanın pıhtılaşmasını da engellemektedir (Doymaz ve İsmail, 2012; Özaydın ve Özçelik, 2014). İnsan sağlığı için son derece faydalı olan armudun pek çok çeşidi ülkemizde yetiştirilmektedir.

Ülkemize özgü bir çeşit olan Gürsu Deveci armudunun Ekim 2019 tarihinde Gürsu Ziraat Odası tarafından coğrafi işaret tescil belgesi alınmıştır (Erbil ve ark., 2018; Anonim, 2019). Deveci armudu taze halde tüketilebildiği gibi kurutulmuş olarak da kullanılabilir. Hem taze hem de kurutulmuş ürünler ile meyve suyu, meyve şurubu, sos, reçel, pestil, meyve unu, unlu mamuller ve meyve çayı üretimi yapılabilmektedir (Santos ve ark., 2014; Lutovska ve ark., 2016).

Taze Deveci armudunun bünyesinde bulunan yüksek nem içeriği, ürünün hasattan kısa bir süre sonra bozulma ve çürümeye neden olmaktadır. Hasat edilmiş taze ürünlerin kullanım sürelerini artırmak amacıyla pek çok muhafaza yöntemi kullanılmakta olup bu yöntemlerden biri de kurutma işlemidir (Alibaş, 2012; Yılmaz, 2017; Demir ve ark., 2017; Akbal ve Vural, 2018). Kurutma ile ürünlerde mikroorganizmalardan kaynaklanabilecek bozulmaların önüne geçilmekte ve böylece ürünün raf ömrü uzatılmaktadır (Alibaş, 2015). Teknolojik gelişmeye paralel olarak geçmişten günümüze dek pek çok kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Her hangi bir teknoloji gerektirmeyen, en ilkel kurutma tekniklerinin başında güneşte kurutma yöntemi yer almaktadır. Bu yöntemin her hangi bir enerji ihtiyacı olmasına karşın, ürünlerin serileceği geniş bir alana ihtiyaç duyulması, işgücü ihtiyacının fazla olması, toz, toprak, böcek, zararlı, tarımsal ilaç gibi partiküllerin rüzgarın ve güneşin etkisiyle kurutulmuş ürüne yapışması, uzun süren kurutma süresi boyunca ürünün nadiren havalandırılmasından kaynaklı mikro küflerin oluşması veya ürünün henüz kurutulmadan bozulması ve egzoz emülsiyonlarındaki ağır metallerin ürüne nüfuz etmesi gibi son derece olumsuz yanları bulunmaktadır (Sangwan ve ark., 2011). Bir diğer ilkel kurutma tekniği ise genellikle aromatik bileşikler içeren bitkilerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılan gölgede kurutma yöntemidir. Her hangi bir enerji gereksinimi olmamasına rağmen bu yöntemin kurutmanın çok uzun sürmesi ve materyalde küflenmeye neden olması gibi önemli dezavantajları bulunmaktadır (Motevali ve ark., 2016, Alibas ve ark., 2020).

Sıcak havayla kurutma sistemlerinin kullanım kolaylığı, basit yapıları, ilk yatırım ve işletim

maliyetlerinin düşük olması gibi avantajları olmasına karşın yüksek enerji tüketimi, uzun süreli ve homojen olmayan kurutma gibi bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu yöntemde ısıtılan hava bir fan yardımıyla kurutucu içerisine verilir. Bu ısıtılmış ve yönlendirilmiş hava önce kurutma materyalinin dış yüzeyini ısıtmakta, ardından alt katmanlara doğru konveksiyon yoluyla iletilerek materyalin tümünün ısınmasını sağlamaktadır. Bu kurutma yönteminde materyalin ilk önce dış kısmı kurumaya başlar ve ardından kuruma alt katmanlara doğru ilerler (Cemeroğlu ve Özkan, 2004; Çetin, 2019). Kurutma sıcaklığının artması materyalin kuruma süresini kısaltmakta fakat bu durum ürünün yapısında birtakım bozulmalara ve kalite kayıplarına yol açtığı bilirse de (Sharma ve Prasad, 2001; Alibas, 2007; Russo ve ark., 2013) bazı çalışmalarda ürünün yapısal özelliklerine bağlı olarak yüksek sıcaklıkta kurutmanın kalite parametreleri üzerinde düşük sıcaklıklara kıyasla daha olumlu yanıt verdiği görülmüştür (Zweifel ve ark., 2003; Alibas, 2009; Yang ve ark., 2010; Taşkın ve ark., 2018; Zia, 2019; Kim ve ark., 2020).

Bu çalışmanın amacı; i) Deveci armudunun (*Pyrus communis* L.) gölgede ve 60°C, 80°C ve 100°C'de sıcak havayla kurutma yöntemi kullanılarak kurutulması, ii) kurutma esnasında harcanan özgül enerji tüketiminin saptanması, iii) kurutulmuş ve taze ürünlerdeki renk parametrelerinin belirlenmesi, iv) kurutulmuş ürünlerde toplam renk değişiminin ve kahverengileşme indeksinin hesaplanması, ve v) kurutma süresi, özgül enerji tüketimi, renk parametreleri ve kahverengileşme indeksi açısından taze ürüne en yakın kurutma yönteminin tespiti edilmesidir.

Materyal ve Yöntem

Kurutma Materyali

Kurutma materyali olarak kullanılan Deveci armudu Bursa ilinin Gürsu ilçesi Ağaköy'de koordinatları 40.250082 – 29.170674 olan ve "iyi tarım" uygulaması yapılan yerel bir çiftlikten toplanmış olup tazeliğini yitirmemesi için toplanır toplanmaz +4°C sıcaklığa sahip taşınır bir soğutucu ile koordinatları 40.225867 – 28.860839 olan laboratuvar ortamına getirilmiştir. Denemeler boyunca armut yine aynı sıcaklıkta nem kontrolü sağlanabilen bir soğutucuda (Vestel, Puzzle NF655, Türkiye) muhafaza edilmiştir. Kurutma sırasında Deveci armudu kabukları soyularak 1.00±0.10 cm kalınlığında ince dilimler halinde dilimlenmiştir. Her bir kurutma denemesine 100±0.10 g armut dilimi kurutulmuştur (Doymaz ve İsmail, 2012, Doymaz, 2013).

Kurutma Yöntemleri

Dilimlenmiş Deveci armudu, yaş baza göre %83,96 ± 0,01 olan ilk nem içeriğinden %11,40 ± 0,06 olan nem içeriğine düşüncüye dek gölgede ve sıcak havayla kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuştur. Her bir denemede 100 ± 0,10 g ürün kullanılmıştır. Sıcak havayla kurutma işlemleri 30°C ile 230°C arasında 5°C hassasiyetteki her sıcaklıkta ayarlanabilen ve çalışma şartları 230 ± 10 V~, 50 Hz ve 3000 W olan bir kombine kurutucu (Electrolux EVY7800AAX, USA) kullanılarak yapılmıştır (Alibas ve ark., 2021). Sıcak havayla kurutma sırasında kurutucu,

60°C, 80°C ve 100°C sıcaklıklar ile 1 m s⁻¹ hava hızının kombinasyonu ile çalıştırılmıştır. Gölgede kurutma denemeleri ise 25 ± 1°C sıcaklık ve %60-65 nispi neme sahip güneş görmeyen bir kontrollü atmosfer odasında yapılmıştır (Alibas ve ark., 2021).

Sıcak havayla kurutma sırasında her 5 dakikada bir ağırlık ölçümü otomatik olarak alınırken, gölgede kurutma sırasında her saat başı ağırlık ölçümü manuel olarak alınmıştır. Bu ağırlık ölçümlerinden yola çıkılarak materyalin kurutma sırasındaki anlık nem içeriği değerleri hesaplanmıştır (Alibas ve ark., 2019).

Dilimlenmiş Deveci armudu 105°C sıcaklıktaki bir etüvde (Nüve, FN120, Türkiye) 24 saat boyunca bekletilmiş olup başlangıç ve son ağırlıklarından yararlanılarak kuru baza göre ve yaş baza göre nem içeriği belirlenmiştir. Kuru baza göre ve yaş baza göre nem içeriği sırasıyla Eş.1 ve Eş. 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%N_{yb} = \frac{W_s}{W_t} \cdot 100 = \frac{W_t - W_k}{W_t} \cdot 100 \quad (1)$$

$$N_{kb} = \frac{W_s}{W_k} = \frac{W_t - W_k}{W_t - W_s} \quad (2)$$

Burada; %N_{yb}, yaş baza göre nem içeriği (%); N_{kb}, kuru baza göre nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}⁻¹); W_s, materyalin su ağırlığı (kg); W_t, materyalin toplam ağırlığı (kg) ve W_k, materyalin kuru ağırlığıdır (kg).

Kurutma materyalinin kuruma hızı (KH) ise Eş.3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KH = \frac{N_{t+dt} - N_t}{d_t} \quad (3)$$

Burada; KH, kuruma hızı (kg_{su} kg_{KM}⁻¹dk⁻¹); N_{t+dt}, t+dt zamandaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}⁻¹); N_t, t zamandaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}⁻¹) ve d_t, t zamandaki kurutma süresidir (dk).

Ayrılabilir nem oranı ise Eş.4 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$ANO = \frac{N - N_d}{N_o - N_d} \quad (4)$$

Burada; ANO, ayrılabilir nem oranı; N, her hangi bir zamandaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}⁻¹); N_o, materyalin ilk nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}⁻¹) ve N_d, denge nemidir (kg_{su} kg_{KM}⁻¹). Ancak kurutma süresi kısa olduğu için ve kurutma kontrollü şartlarda sağlandığı için N_d'nin değeri sıfır kabul edilmiştir (Soysal, 2004; Alibas, 2007).

Özgül Enerji Tüketimi

Kurutucunun toplam enerji tüketimi monofaze bir sayaç yardımıyla belirlenmiştir (Makel, M600 2251, Türkiye). Üründen birim miktarda suyu buharlaştırmak için harcanan enerji miktarı olarak tanımlanan özgül enerji tüketimi (ÖET) Eş. 5 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{ÖET} = \frac{ET_t}{\left(W_t \cdot \frac{N_i - N_s}{100 - N_s}\right) \cdot (T_{os} - T_{oç})} \quad (5)$$

Burada; ÖET, özgül enerji tüketimi (kWh/kg_{su}°C); ET_t, toplam enerji tüketimi (kWh); W_t, materyalin toplam ağırlığı (kg); N_i, kurutma başlangıcındaki nem içeriği

(%,yb); N_s, kurutma sonundaki nem içeriği (%.yb); T_{os}, kurutma havası sıcaklığı (°C) ve T_{oç}, ortalama çevre havası sıcaklığıdır (°C).

Renk Parametreleri ve Kahverengileşme İndeksi

Taze ve kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin renk parametreleri (L, a, b, C ve α°) otomatik kalibrasyonlu ve noktasal ölçüm yapan bir renk ölçerle (Konika Minolta, CR10 Plus, Japonya) ölçülmüştür. Rengin parlaklığı ya da koyuluğu "L" ile temsil edilmekte olup L'nin sayısal değeri 0 ile 100 arasında değişmektedir. Renk 0'a yaklaştıkça koyulaşırken, 100'e yaklaştıkça parlaklığı artmaktadır. Rengin kırmızılık veya yeşillik değeri "a" ile ifade edilir ve "a" pozitif değerlerde kırmızılığı, negatif değerlerde ise yeşilliği gösterir. Sarılık ya da mavilik değeri ise "b" ile sembolize edilir. Benzer şekilde b pozitif değerlerde iken renkte sarılık hakim olup, negatif değerlerde iken rengin maviliği baskındır. Kroma (C) ise renkte hakim olan pastel ton ya da canlı ton ile ilgilidir. Kromanın sayısal değeri arttıkça rengin canlılığı artar. Buna karşın kromanın sayısal değeri azaldıkça renk donuklaşır. Hue açısı (α°) ürünün baskın olduğu renge karşılık gelen açıyı temsil etmektedir (Alibas ve ark. 2020).

Buna karşın toplam renk değişimi (ΔE) Eş.6 kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam renk değişiminin sayısal değeri arttıkça taze ürüne kıyasla renkte meydana gelen değişim de artmaktadır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_t - L_k)^2 + (a_t - a_k)^2 + (b_t - b_k)^2} \quad (6)$$

Burada; ΔE, toplam renk değişimi; L_t, a_t ve b_t, sırasıyla taze ürünün parlaklık, kırmızılık/yeşillik ve sarılık/mavilik değerleri ve L_k, a_k ve b_k, sırasıyla kurutulmuş ürünün parlaklık, kırmızılık/yeşillik ve sarılık/mavilik değerleridir.

Renkte meydana gelen değişimi gösteren bir diğer belirteç de kahverengileşme indeksidir (BI) ve sırasıyla Eş.7 ve Eş. 8 kullanılarak hesaplanmaktadır. Kahverengileşme indeksinin sayısal değeri arttıkça üründe meydana gelen kahverengileşme de artmaktadır (İnan, 2010).

$$x = \frac{a + (1.75 \times L)}{[(5.645 \times L) + (a - (3.012 \times b))]} \quad (7)$$

$$BI = \frac{[100 \times (x - 0.31)]}{0.17} \quad (8)$$

Veri Analizi

Çalışma kapsamında elde edilen verilerin ortalamaları, standart hataları ve LSD analizleri JMP 7 istatistik programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Çalışmada tüm kurutma denemeleri üç, renk parametreleri ise yirmi tekrürlü olarak yapılmıştır.

Deneyisel kurutma denemelerinden elde edilen zamana bağlı ayrılabilir nem oranı (ANO) verileri, Çizelge 1'de tanımlanmış olan 20 farklı ince tabaka kurutma eşitliği kullanılarak NLREG2.0 istatistik programı aracılığıyla modellenmiştir. İnce tabaka kurutma eşitliklerinde bulunan kurutma sabitleri ve katsayıları istatistik programı tarafından hesaplanmıştır. Deneyisel verilere en yakın sonuçları veren eşitlik en başarılı kurutma modeli olarak seçilmiştir. Ölçülen ve ince tabaka kurutma modelleri

kullanılarak tahmin edilen veriler arasındaki regresyon katsayısı (R^2) ve standart hata (SH) değerlerini istatistik programı otomatik olarak hesaplamaktadır. Ancak karesel ortalama hata (KOH) ve ki-kare (χ^2) sırasıyla Eş.9 ve Eş.10 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N}} \quad (9)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n_i} \quad (10)$$

En başarılı modelin seçiminde regresyon katsayısı (R^2), standart hata (SH), karesel ortalama hata (KOH) ve ki-kare

(χ^2) değerleri esas alınmaktadır. Regresyon katsayısı (R^2) modeller arasında kabaca seçim yapılmasını sağlayan başlıca kriterdir. Modelin başarılı olarak tanımlanması için bu katsayının mümkün olduğunca 1,00'e yakın çıkması gerekir. En yüksek sayısal değere sahip R^2 en iyi modelin seçiminde oldukça önemli bir yol göstericidir. Modellerden bazılarının R^2 değerinin aynı çıkması durumunda, en başarılı modelin belirlenmesinde sırasıyla SH , KOH ve χ^2 değerlerinden yararlanır. Bu üç istatistiksel belirtecin mümkün olduğunca 0,00'a yakın olması istenir ve benzer R^2 değerlerinde bu üç katsayının sırasıyla 0,00'a yakınlıkları incelenir. Buna göre deneysel verilere en yakın sonuçları veren modeller en başarılı model olarak tanımlanır.

Çizelge 1. Deveci armudu dilimlerinin sıcak havayla kurutulmasında kullanılan ince tabaka kurutma eşitlikleri

Table 1. Thin layer drying equations used in drying pear slices using hot-air drying method

N	Model Adı	Model Eşitliği	E	Referanslar
1	Lewis	ANO = exp(-kt)	9	Lewis, 1921
2	Page	ANO = exp(-kt ⁿ)	10	Page, 1949
3	Modified Page Equation-I	ANO = a exp[-(kt ⁿ)]	11	Dinrifo, 2012
4	Modified Page	ANO = exp[-(kt ⁿ)]	12	Overhults ve ark., 1973
5	Henderson ve Pabis	ANO = a exp(-kt)	13	Henderson ve Pabis, 1961
6	Logaritmik	ANO = a exp(-kt) + c	14	Yagcioglu ve ark., 1999
7	Two-term	ANO = a exp(-k ₀ t) + b exp(-k ₁ t)	15	Henderson, 1974
8	Two-term exponential	ANO = a exp(-kt) + (1-a) exp(-kat)	16	Sharaf-Elden ve ark., 1980
9	Diffusion approach	ANO = a exp(-kt) + (1-a) exp(-kbt)	17	Kassem, 1998
10	Verma ve ark.	ANO = a exp(-kt) + (1-a) exp(-gt)	18	Verma ve ark., 1985
11	Modified Henderson ve Pabis	ANO = a exp(-kt) + b exp(-gt) + c exp(-ht)	19	Karathanos, 1999
12	Simplified Fick's diffusion (SFFD) equation	ANO = a exp[-c(t/L ²)]	20	Diamante ve Munro, 1991
13	Modified Page equation-II	ANO = exp[-k(t/L ²) ⁿ]	21	Diamante ve Munro, 1993
14	Midilli ve ark.	ANO = a exp(-kt ⁿ) + bt	22	Midilli ve ark., 2002
15	Weibull distribution	ANO = a - b exp[-(kt ⁿ)]	23	Babalıs ve ark., 2006
16	Aghbashlo ve ark.	ANO = exp(-k ₁ t/1+k ₂ t)	24	Aghbashlo ve ark., 2009
17	Logistic	ANO = a ₀ / (1 + a exp(kt))	25	Chandra ve Singh, 1995
18	Jena ve Das	ANO = a exp(-kt + b√t) + c	26	Jena ve Das, 2007
19	Demir ve ark.	ANO = a exp(-kt) ⁿ + c	27	Demir ve ark., 2004
20	Alibas Model	ANO = a exp(-(kt ⁿ) + (bt)) + g	28	Alibas, 2012

ANO, ayrılabilir nem oranı; a, b, c, g, h, kurutma katsayıları; t, kurutma süresi, (dk); n, kurutma parametresi; k, k₀, k₁, k₂, kurutma sabitleri (min⁻¹); L, ürün kalınlığı (mm). N: Model No, E: Es.No

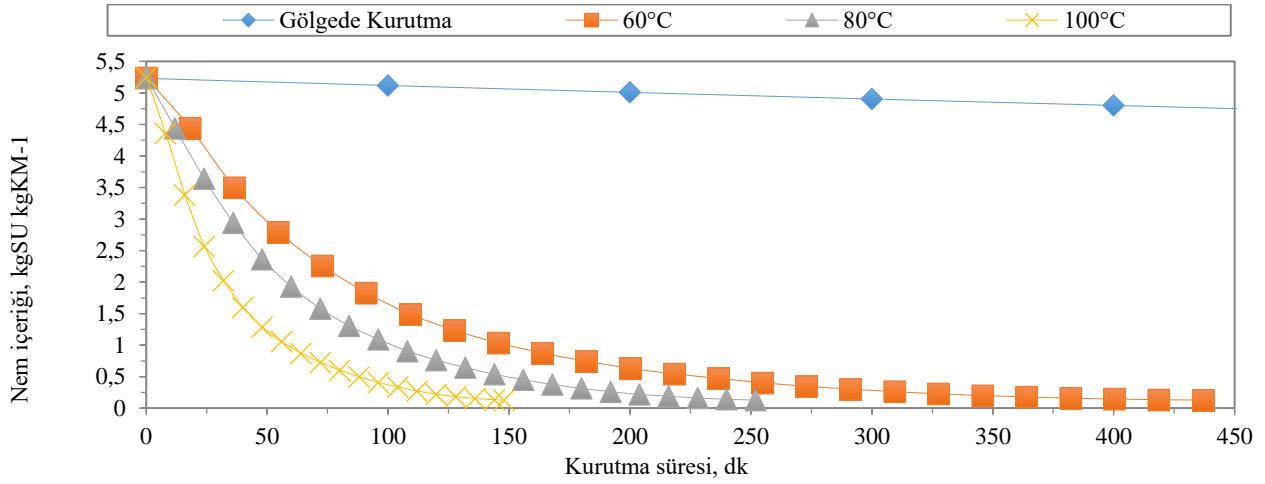
Bulguları ve Tartışma

Kurutma Parametreleri

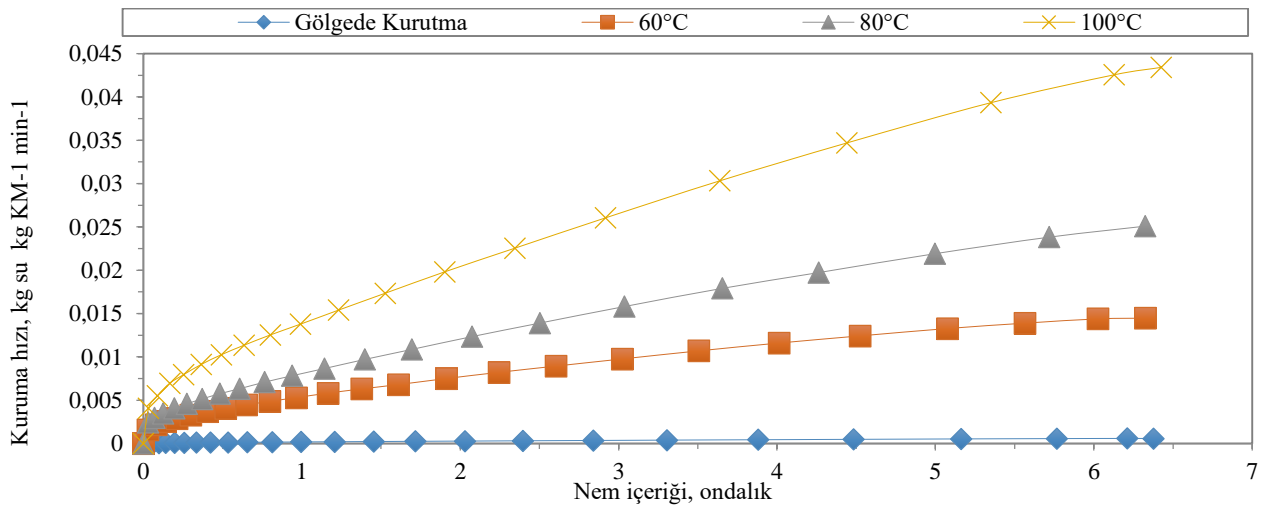
Gölgede ve sıcak havayla kurutma yöntemiyle kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin zamana bağlı kuru baza göre nem içeriği Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre, en kısa süren kurutma yöntemi 2,47 sa (148 dk) ile 100°C'de sıcak havayla kurutma iken, en uzun süren yöntem ise 7,74 gün (11150 dk) ile gölgede kurutmadır. En kısa kurutma yöntemi olan 100°C'de kurutma, 80°C ve 60°C'ye kıyasla sırasıyla 1,70 ve 2,95 kat, gölgede kurutmaya kıyasla ise 75,34 kat daha kısa sürmüştür. Kurutma sıcaklığının artmasıyla kuruma süresinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Sıcak havayla kurutma ile Deveci armudunun kurutulmasına yönelik çok az sayıda çalışma olmasına karşın diğer amut çeşitleriyle yapılmış pek çok kurutma çalışmasına rastlanmıştır. Farklı amut çeşitlerinin kurutulmasına yönelik çalışmalarda kurutma sıcaklığındaki artışın kurutma süresini azalttığı bildirilmiştir (Lahsani ve ark., 2004; Doymaz ve İsmail, 2012; Doymaz, 2013; Guiné ve Barroca, 2014; Lutovska ve ark., 2016; Güler ve ark., 2019; Öztekin ve Sacilik, 2020). Alibas (2009) karalahana yapraklarını 175, 150,

125, 100, 75 ve 50°C sıcaklıklarını kullanarak kurutmuş ve çalışmada kullanılan en yüksek sıcaklık değerindeki kurutma süresinin en uzun kurutma süresinden 22,33 kat daha kısa sürdüğünü saptamıştır. Taşkın ve ark. (2018) kıvılcık meyvesini sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutmuştur. Çalışmada kullanılan en düşük sıcaklık olan 60°C denemelerinin, çalışmada kullanılan en yüksek sıcaklık olan 90°C denemelerine oranla 4,5 kat daha uzun sürdüğü kaydedilmiştir.

Gölgede ve 60, 80 ve 100°C'de sıcak havayla kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin kuruma hızları Şekil 2'de sunulmuştur. Şekle göre, en düşük ortalama kuruma hızının 0,0002 kg_{su} kg_{KM}⁻¹dk⁻¹ ile gölgede kurutma olduğu, buna karşın en yüksek ortalama kuruma hızının ise 0,0187 kg_{su} kg_{KM}⁻¹dk⁻¹ ile 100°C'de sıcak havayla kurutma olduğu görülmüştür. En kısa kurutma süresi olan 100°C'de sıcak havayla kurutmada hesaplanan ortalama kuruma hızının 80 ve 60°C'den sırasıyla 1,79 ve 2,60 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Gölgede kurutmadaki ortalama kuruma hızının ise 100°C'den 88,83 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1. Farklı kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Deveci armudunun zamana bağlı nem içeriği
Figure 1. Time-dependent-moisture content of Deveci pear dried using different drying methods



Şekil 2. Farklı yöntemler kullanılarak kurutulmuş Deveci armudunun nem içeriğine bağlı kuruma hızları
Figure 2. Drying rates of Deveci pear dried using different methods depending on moisture content

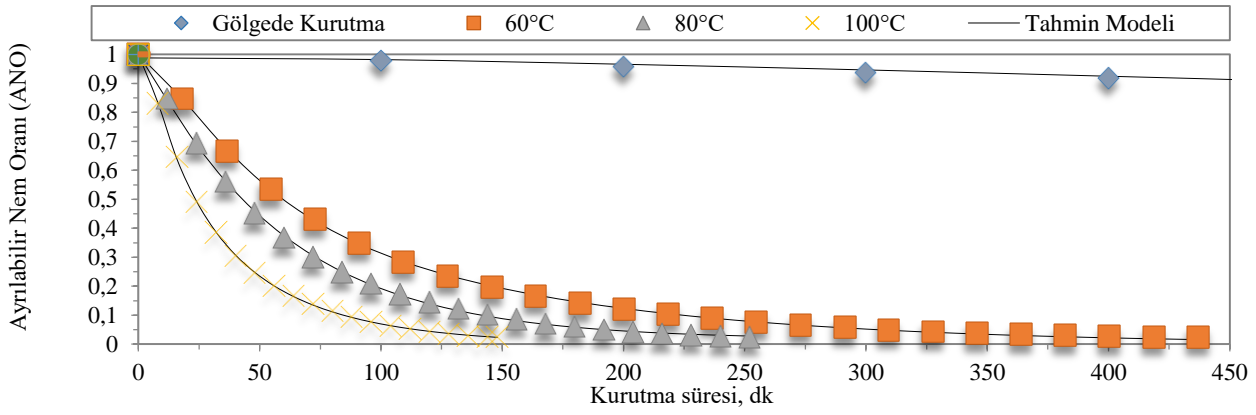
Tıpkı kurutma süresinde olduğu gibi kurutma sıcaklığının artırılması ile ortalama kuruma hızında da önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Armut dilimlerinin sıcak havayla kurutma yöntemiyle kurutulmasına yönelik çalışmalarda, kurutma sıcaklığının artması ile ortalama kuruma hızının da arttığı belirtilmiştir (Lahsası ve ark., 2004; Doymaz ve İsmail, 2012; Lutovska ve ark., 2016).

Kurutmanın Modellenmesi

Sıcak havayla ve gölgede kurutulmuş Deveci armudunun deneysel ve en başarılı ince tabaka kurutma modelleri aracılığıyla tahmin edilen zamana bağlı ayrılabilir nem oranları Şekil 3'de gösterilmiştir. Toplam kurutma süresinin yaklaşık %24'lük kısmına karşılık gelen ilk 36 dakika içinde 100°C'de armut dilimlerinde bulunan ayrılabilir nemin %66'sı buharlaşmıştır. Buna karşın, 80 ve 60°C'de kurutma süresinin sırasıyla %14,29'unu ve %8,24'ünü oluşturan ilk 36 dakika içinde toplam ayrılabilir nemin sırasıyla %44 ve %33'lük kısmı üründen uzaklaştırılabilmiştir. Gölgede kurutma yönteminde ürünün bünyesinde oluşan buharlaşmanın oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu yöntemde, kurutmanın %0,32'lik kısmına denk gelen ilk 36 dakika içinde ayrılabilir nem sadece %0,8'inin buharlaştığı belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının artması ile birim zamandaki ayrılabilir nem

oranı da artmıştır. Başka bir deyişle birim zamanda armut dilimlerinde meydana gelen buharlaşmanın kurutma sıcaklığının yükselmesiyle arttığı gözlemlenmiştir. Benzer çalışmalarda benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Lutovska ve ark., 2016; Alibas ve ark., 2021).

Sıcak havayla ve gölgede kurutulmuş Deveci armudunun deneysel ve ince tabaka kurutma modelleri aracılığıyla tahmin edilen zamana bağlı ayrılabilir nem oranları, regresyon katsayısı (R^2), standart hata (SH), karesel ortalama hata (KOH) ve ki-kare (χ^2) gibi istatistiksel parametrelerle birlikte Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre gölgede kurutmada %99,9'lik R^2 ile en başarılı modelin Alibas eşitliği olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 60 ve 100°C'de sıcak havayla kurutmada Modified Henderson & Pabis eşitliği sırasıyla %99,98 ve %99,99'lük regresyon katsayılarıyla en başarılı modeller olarak belirlenmiştir. Jena & Das eşitliğinin ise %99,97'lik R^2 değeri ile 80°C'de en iyi model olduğu görülmüştür. Doymaz ve İsmail (2012) sıcak havayla kurutma yöntemiyle kurutulan armut dilimlerinin kurutma verilerini yedi farklı kurutma modeli kullanarak modellemiş ve deneysel sonuçlara en yakın modellerin 55°C için Midilli ve ark. eşitliği, 65°C ve 75°C içinse Wang ve Singh eşitliği olduğunu belirlemiştir.



Şekil 3. Farklı yöntemler kullanılarak kurutulmuş Deveci armudunun deneysel nem oranlarının ve deneysel verilere en yakın sonuçları veren tahmin modeli aracılığıyla hesaplanan tahmini nem oranlarının karşılaştırılması

Figure 3. Comparison of the experimental moisture ratios of dried Deveci pear using different methods and the estimated moisture ratios calculated by means of the prediction model that gives the closest results to the experimental data

Çizelge 2. Gölgede ve sıcak hava ile kurutulmuş Deveci armudunun modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel parametreler

Table 2. Statistical parameters regarding thin-layer drying equations used in the modeling of shade and hot-air dried Deveci pear

Model	Gölgede Kurutma				60°C			
	R ²	SH	KOH	χ ²	R ²	SH	KOH	χ ²
1	0,9939	0,0283	1,1727 10 ⁻²	1,4210 10 ⁻⁴	0,9968	0,0154	3,2283 10 ⁻²	1,0856 10 ⁻³
2	0,9994	0,0090	1,4626 10 ⁻²	2,2867 10 ⁻⁴	0,9974	0,0140	2,3192 10 ⁻²	5,8464 10 ⁻⁴
3	0,9994	0,0091	1,1705 10 ⁻²	1,5169 10 ⁻⁴	0,9977	0,0136	1,6816 10 ⁻²	3,2134 10 ⁻⁴
4	0,9939	0,0288	1,1726 10 ⁻²	1,4699 10 ⁻⁴	0,9968	0,0158	3,2283 10 ⁻²	1,1328 10 ⁻³
5	0,9966	0,0214	1,9991 10 ⁻²	4,2718 10 ⁻⁴	0,9968	0,0158	3,2416 10 ⁻²	1,1422 10 ⁻³
6	0,9973	0,0194	1,7200 10 ⁻⁹	3,2889 10 ⁻¹⁸	0,9991	0,0085	1,0600 10 ⁻¹⁵	1,2674 10 ⁻³⁰
7	0,9973	0,0199	1,7139 10 ⁻²	3,3728 10 ⁻⁴	0,9992	0,0082	0,0125 10 ⁻²	1,8714 10 ⁻⁸
8	0,9995	0,0083	1,5827 10 ⁻²	2,6778 10 ⁻⁴	0,9984	0,0110	0,1401 10 ⁻¹	2,1334 10 ⁻⁴
9	0,9941	0,0283	1,8296 10 ⁻²	3,7063 10 ⁻⁴	0,9988	0,0095	0,7241 10 ⁻²	5,9586 10 ⁻⁵
10	0,9973	0,0195	1,7139 10 ⁻²	3,2521 10 ⁻⁴	0,9989	0,0092	0,5072 10 ⁻²	2,9228 10 ⁻⁵
11	0,9904	0,0381	7,8104 10 ⁻²	7,5643 10 ⁻³	0,9998	0,0041	0,4612 10 ⁻²	2,7993 10 ⁻⁵
12	0,9966	0,0214	1,9991 10 ⁻²	4,4244 10 ⁻⁴	0,9968	0,0158	3,2416 10 ⁻²	1,1941 10 ⁻³
13	0,9994	0,0090	1,4626 10 ⁻²	2,3683 10 ⁻⁴	0,9974	0,0140	2,3192 10 ⁻²	6,1122 10 ⁻⁴
14	0,9994	0,0090	0,0664 10 ⁻²	5,0612 10 ⁻⁷	0,9985	0,0109	0,2600 10 ⁻²	8,0503 10 ⁻⁶
15	0,9602	0,0746	1,0200 10 ⁻¹¹	1,1946 10 ⁻²²	0,9991	0,0084	1,4900 10 ⁻¹⁰	2,6283 10 ⁻²⁰
16	0,9975	0,0182	3,7391 10 ⁻²	1,4945 10 ⁻³	0,9985	0,0106	1,1037 10 ⁻²	1,3241 10 ⁻⁴
17	0,9992	0,0106	1,2531 10 ⁻²	1,7385 10 ⁻⁴	0,9968	0,0161	3,2416 10 ⁻²	1,1941 10 ⁻³
18	0,9992	0,0105	2,9200 10 ⁻¹⁴	9,7711 10 ⁻²⁸	0,9992	0,0080	1,8100 10 ⁻⁹	3,9071 10 ⁻¹⁸
19	0,9973	0,0198	6,1800 10 ⁻⁹	4,3799 10 ⁻¹⁷	0,9991	0,0087	2,3500 10 ⁻⁹	6,5711 10 ⁻¹⁸
20	0,9998	0,0058	4,9700 10 ⁻¹¹	2,9509 10 ⁻²¹	0,9991	0,0088	2,3800 10 ⁻¹¹	7,0705 10 ⁻²²
Model	80°C				100°C			
	R ²	SH	KOH	χ ²	R ²	SH	KOH	χ ²
1	0,9991	0,0086	1,1316 10 ⁻²	1,3415 10 ⁻⁴	0,9978	0,0133	1,7602 10 ⁻²	3,2614 10 ⁻⁴
2	0,9991	0,0087	1,1869 10 ⁻²	1,5495 10 ⁻⁴	0,9979	0,0136	1,5626 10 ⁻²	2,71291 10 ⁻⁴
3	0,9992	0,0085	0,7901 10 ⁻²	7,2287 10 ⁻⁵	0,9980	0,0133	1,0443 10 ⁻²	1,2830 10 ⁻⁴
4	0,9991	0,0088	1,1316 10 ⁻²	1,4086 10 ⁻⁴	0,9978	0,0137	1,7602 10 ⁻²	3,4426 10 ⁻⁴
5	0,9992	0,0083	0,9693 10 ⁻²	1,0334 10 ⁻⁴	0,9979	0,0135	1,6383 10 ⁻²	2,9823 10 ⁻⁴
6	0,9995	0,0068	2,3100 10 ⁻¹²	6,1575 10 ⁻²⁴	0,9987	0,0109	2,3400 10 ⁻¹⁰	6,4351 10 ⁻²⁰
7	0,9995	0,0070	2,4700 10 ⁻⁶	7,4351 10 ⁻¹²	0,9987	0,0111	0,0148 10 ⁻²	2,7510 10 ⁻⁸
8	0,9992	0,0084	0,7912 10 ⁻²	6,8868 10 ⁻⁵	0,9983	0,0122	0,9215 10 ⁻²	9,4355 10 ⁻⁵
9	0,9993	0,0079	1,2409 10 ⁻²	1,7829 10 ⁻⁴	0,9984	0,0118	0,6589 10 ⁻²	5,1077 10 ⁻⁵
10	0,9993	0,0080	1,2100 10 ⁻²	1,6952 10 ⁻⁴	0,9984	0,0120	0,5667 10 ⁻²	3,7786 10 ⁻⁵
11	0,9995	0,0072	2,4700 10 ⁻⁶	8,3963 10 ⁻¹²	0,9999	0,0034	0,0548 10 ⁻²	4,2876 10 ⁻⁷
12	0,9992	0,0083	0,9693 10 ⁻²	1,0878 10 ⁻⁴	0,9979	0,0135	1,6383 10 ⁻²	3,1577 10 ⁻⁴
13	0,9991	0,0087	1,1869 10 ⁻²	1,6311 10 ⁻⁴	0,9979	0,0136	1,5626 10 ⁻²	2,8725 10 ⁻⁴
14	0,9987	0,0106	0,1769 10 ⁻²	3,8268 10 ⁻⁶	0,9986	0,0114	0,1543 10 ⁻²	2,9756 10 ⁻⁶
15	0,9996	0,0061	6,9500 10 ⁻¹⁰	5,9052 10 ⁻¹⁹	0,9988	0,0106	2,3500 10 ⁻¹⁰	6,9115 10 ⁻²⁰
16	0,9992	0,0085	0,8220 10 ⁻²	7,4325 10 ⁻⁵	0,9982	0,0123	0,9087 10 ⁻²	9,1748 10 ⁻⁵
17	0,9992	0,0085	0,9693 10 ⁻²	1,0878 10 ⁻⁴	0,9983	0,0125	0,6785 10 ⁻²	5,4158 10 ⁻⁵
18	0,9997	0,0049	1,6000 10 ⁻¹¹	3,1227 10 ⁻²²	0,9990	0,0097	9,9800 10 ⁻¹²	1,2460 10 ⁻²²
19	0,9995	0,0070	2,0700 10 ⁻⁰⁸	5,2570 10 ⁻¹⁶	0,9987	0,0112	2,2300 10 ⁻⁰⁸	6,2130 10 ⁻¹⁶
20	0,9996	0,0060	3,1700 10 ⁻¹¹	1,2970 10 ⁻²¹	0,9988	0,0110	2,5900 10 ⁻¹¹	8,9603 10 ⁻²²

Çizelge 3. Gölgede ve 60°C'de sıcak havayla kurutma ile kurutulan Deveci armudunun modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerinde yer alan kurutma sabit ve katsayıları
 Table 3. Drying constant and coefficients in thin-layer drying equations used in modeling Deveci pear dried by shade and hot air drying at 60°C

Gölgede Kurutma	
Model	Sabit ve Katsayılar
1	k=0,0001
2	k=0,0009 n=1,1851
3	k=0,0022 n=1,1771 a=1,0036
4	k=0,0077 n=0,0477
5	k=0,0035 a=1,0455
6	k=0,0072 a=1,0638 c=-0,0254
7	k ₀ =0,0004 k ₁ =1,0000 a=1,0567 b=-0,0567
8	k=0,0404 a=1,7550
9	k=0,0003 a=0,0005 b=1,0001
10	k=0,0002 a=1,0567 g=1,0000
11	k=0,0004 a=1,1042 b=1,2448 c=-1,3490 g=1,0000 h=1,0000
12	L=3,8752 a=1,0456 c=0,0051
13	k=0,0006 n=1,1851 L=0,7490
14	k=0,0001 n=1,1476 a=1,0118 b=7,5832 10 ⁻⁷
15	k=0,0001 n=0,4184 a=78,1426 b=77,0012
16	k ₁ =0,0725 k ₂ =-3,6487 10 ⁻⁵
17	k=0,0367 a=1,2789 a ₀ =2,3127
18	k=0,2995 a=0,9747 b=0,0060 c=0,0002
19	k=0,0005 n=1,5909 a=1,0638 c=-0,0254
20	k=1,1113 n=1,0001 a=0,0004 b=1,1116 g=0,0160
60°C	
Model	Sabit ve Katsayılar
1	k=0,0092
2	k=0,0283 n=0,9511
3	k=0,9982 n=0,9309 a=1,0202
4	k=0,7417 n=0,0194
5	k=0,0110 a=0,0375
6	k=0,0124 a=0,9899 c=0,0244
7	k ₀ =0,0030 k ₁ =0,0127 a=0,0804 b=0,0002
8	k=0,9953 a=0,5147
9	k=0,0131 a=0,8379 b=0,3830
10	k=0,0120 a=0,0016 g=0,0016
11	k=0,0085 a=0,6789 b=28,3330 c=-28,0115 g=0,0418 h=0,0422
12	L=0,9788 a=0,2592 c=0,0105
13	k=0,0975 n=0,9511 L=2,7940
14	k=0,0091 n=1,0485 a=0,9974 b=7,1168
15	k=0,0115 n=1,0090 a=0,0001 b=-0,9886
16	k ₁ =0,7095 k ₂ =0,0007
17	k=0,0110 a=0,0791 a ₀ =182611,98
18	k=0,7996 a=0,9775 b=0,0075 c=0,0277
19	k=0,3957 n=0,0879 a=0,0697 c=0,0244
20	k=0,8440 n=1,0002 a=0,0018 b=0,8329 g=0,0264

Doymaz (2013) Deveci armudunu 50, 57, 64 ve 71°C olmak üzere dört farklı sıcaklık seviyesinde sıcak havayla kurutma yöntemini kullanarak kurutmuş ve Midilli ve ark. eşitliği ile tüm kurutma sıcaklıklarında deneysel verilere en yakın sonuçları elde etmiştir. Öztekin ve Sacilik (2020) 55, 65 ve 75°C'de kurutulan Ankara armudunun deneysel verilerini beş farklı ince tabaka kurutma eşitliğiyle modellemiş ve tüm sıcaklıklar için deneysel sonuçlara en yakın modelin Midilli ve ark. Modeli olduğunu tespit etmiştir.

Tahmin verilerinin elde edilmesi amacıyla kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerinde yer alan kurutma sabit ve katsayıları Çizelge 3 ve Çizelge 4'de gösterilmiştir. Sıcak havayla kurutma yönteminde sıcaklığın artması ile en iyi modele ilişkin kurutma sabitinin (k) de arttığı

belirlenmiştir. Başka bir deyişle 60, 80 ve 100°C'de tespit edilen en iyi modellerin k katsayılarının sırasıyla 0,0085, 0,0999 ve 0,5001 olduğu görülmüştür. Buna karşın gölgede kurutmadaki k katsayısının diğer kurutma yöntemlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir.

Renk, Toplam Renk Değişimi ve Kahverengileşme İndeksi

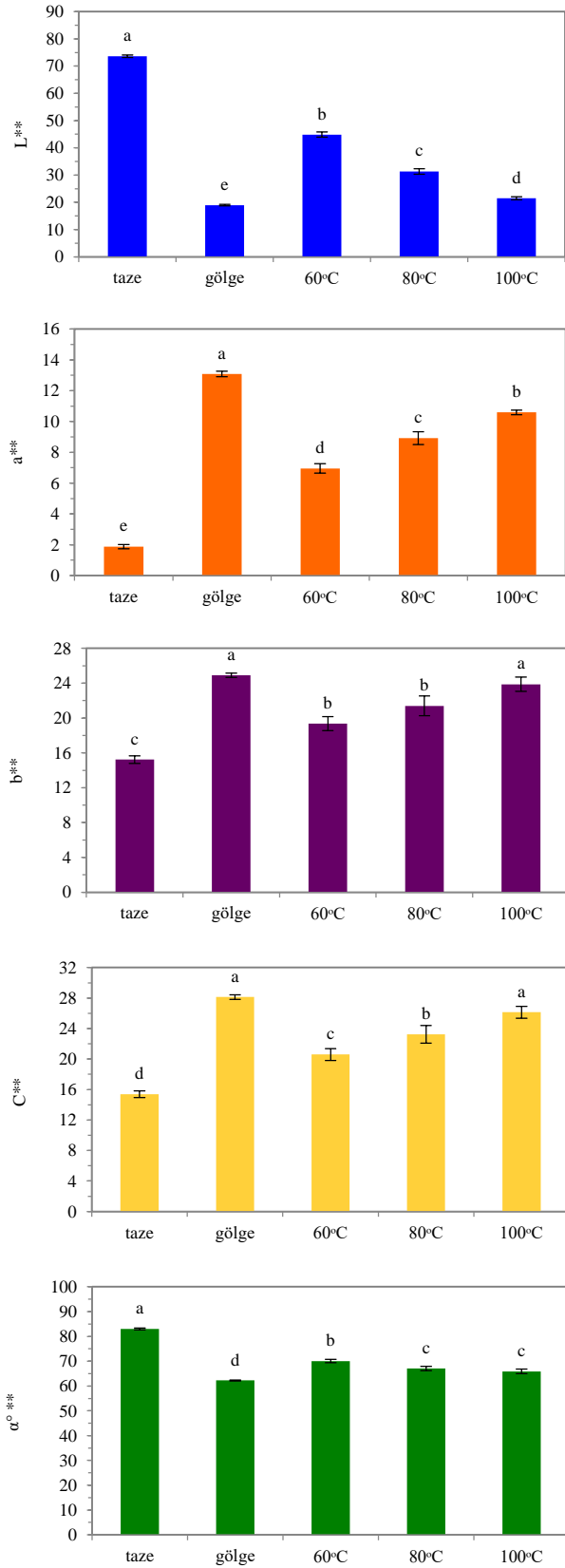
Farklı yöntemler kullanılarak kurutulmuş Deveci armudunun renk parametreleri olan parlaklık (L), kırmızılık (a), sarılık (b), kroma (C) ve hue açısı (α°) taze ürünle karşılaştırmalı olarak Şekil 4'de verilmiştir. Taze Deveci armudunun parlaklığına en yakın kurutma yönteminin 60°C'de sıcak havayla kurutma yöntemi olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 80 ve 100°C’de sıcak havatla kurutma ile kurutulan Deveci armudunun modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerinde yer alan kurutma sabit ve katsayıları
 Table 4. Drying constant and coefficients in thin-layer drying equations used in modeling Deveci pear dried by hot-air drying at 80°C and 100°C

		80°C					
Model	Sabit ve Katsayılar						
1	k=0,0257						
2	k=0,0159	n=0,0122					
3	k=0,0467	n=0,9904	a=1,0120				
4	k=1,7021	n=0,0029					
5	k=0,0071	a=1,0091					
6	k=0,0068	a=1,0041	c=0,0108				
7	k ₀ =-0,0009	k ₁ =0,0168	a=0,0086	b=0,9641			
8	k=0,0999	a=0,7096					
9	k=0,1676	a=-0,0209	b=0,0983				
10	k=201,2550	a=0,0721	g=0,0165				
11	k=-0,0009	a=0,0001	b=1,0061	c=0,0085	g=0,0168	h=-0,0009	
12	L=1,0065	a=1,0091	c=0,0165				
13	k=0,0158	n=1,0042	L=0,9972				
14	k=0,0098	n=1,1223	a=0,9843	b=0,0001			
15	k=0,0153	n=1,0241	a=0,0144	b=-0,9993			
16	k ₁ =0,0972	k ₂ =0,0002					
17	k=0,0163	a=0,0051	a ₀ =290463,464				
18	k=0,0999	a=0,9848	b=0,0124	c=0,0173			
19	k=0,0249	n=0,7749	a=1,0041	c=0,0108			
20	k=2,2554	n=1,0003	a=0,7742	b=2,2416	g=0,0184		
		100°C					
Model	Sabit ve Katsayılar						
1	k=0,0073						
2	k=0,0931	n=0,9865					
3	k=0,0322	n=0,0075	a=1,0161				
4	k=2,0406	n=0,0061					
5	k=0,0285	a=0,0016					
6	k=0,0301	a=0,9998	c=0,0074				
7	k ₀ =0,0086	k ₁ =0,0314	a=0,1995	b=0,9576			
8	k=0,0011	a=0,0999					
9	k=0,0312	a=0,9000	b=0,4152				
10	k=0,0001	a=0,0198	g=0,0296				
11	k=0,5001	a=-0,1191	b=0,4990	c=0,6201	g=0,0568	h=0,0220	
12	L=0,9999	a=1,0075	c=0,0652				
13	k=0,0102	n=0,0899	L=0,5799				
14	k=0,0247	n=1,0466	a=1,0043	b=0,0002			
15	k=0,0284	n=1,0180	a=0,0191	b=-0,9986			
16	k ₁ =0,0091	k ₂ =0,0009					
17	k=-0,0299	a=-6,0768	a ₀ =-5,1734				
18	k=0,0692	a=0,9805	b=0,0189	c=0,0237			
19	k=-0,1870	n=-0,1612	a=0,1689	c=0,0169			
20	k=3,7837	n=1,0003	a=0,0028	b=3,7577	g=0,0230		

Sıcak havayla kurutma yönteminde kurutma sıcaklığının artırılması ile ürünün parlaklığında önemli ölçüde kayıp meydana gelmiştir. Kurutma sıcaklığının 60°C’den 80°C ve 100°C’ye çıkarılması ile parlaklığın sırasıyla 1,4 ve 2,1 kat azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte gölgede kurutmanın ürünün parlaklığında büyük ölçüde kayıp oluşturduğu, bunun da ürünün görünümünde kahverengileşmeye neden olduğu saptanmıştır. Oksitlenmenin en fazla görüldüğü meyve rengi olan beyaz rengin hakim olduğu Deveci armudu diğer kurutma yöntemlerine göre kurutmanın oldukça uzun bir sürede tamamlandığı dolayısıyla ürünün daha uzun süre havayla temas ettiği gölgede kurutma yönteminde daha fazla okside olduğu görsel olarak gözlemlenmiştir. Bu oksitlenme de diğer yöntemlere kıyasla ürünün daha fazla

kahverengileşmesine yol açmıştır. Sıcak havayla kurutmanın 100°C sıcaklık uygulamasında ise kurutma işlemi diğer kurutma yöntemlerinden çok daha kısa sürede tamamlandığı halde yüksek sıcaklıktan dolayı üründe 60°C ve 80°C’ye göre daha fazla oksitlenme yani kahverengileşme oluşmuştur. Özetle, yüksek sıcaklık uygulamalarının ve daha fazla havayla temasa neden olan uzun kurutma periyotlarının ürünün parlaklığında önemli ölçüde kayıp oluşturduğu görülmüştür. Bizim bulgularımıza paralel olarak, Guiné ve Barroca (2014) da sıcaklığın artması ile L değerinin azaldığını saptamıştır. Benzer şekilde Öztekin ve Sacilik (2020) Ankara armudunun kurutulmasında kurutma sıcaklığının artırmanın parlaklığı azalttığını belirlemiştir.



Şekil.4. Taze ve kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin renk parametreleri; L, parlaklık/koyuluk; a, kırmızılık/yeşillik; b, sarılık/mavilik; C, kroma; α° , renk açısı. $P < 0,01$.

Figure 4. Color parameters of fresh and dried Deveci pear slices; L, brightness/darkness; a, redness/greenness; b, yellowness/blueness; C, Chroma; α° , hue angle. $P < 0.01$.

Taze Deveci armuduna en yakın kırmızılık (*a*) değerinin 60°C’de sıcak havayla kurutma yöntemiyle kurutulmuş ürünlerde olduğu saptanmıştır. Sıcak havayla kurutmada sıcaklığın artması ile Deveci armudunda meydana gelen kızarmanın daha fazla olduğu görülmüştür. Taze ürüne kıyasla 60°C, 80°C ve 100°C’deki kırmızılık değeri sırasıyla 3,70, 4,75 ve 5,64 kat artmıştır. Gölgede kurutulmuş Deveci armudunun kırmızılık değerinin ise taze ve 60, 80 ve 100°C’de kurutulmuş ürünlere oranla sırasıyla 6,96, 1,88, 1,47 ve 1,24 kat azaldığı tespit edilmiştir. Sıcak havayla kurutmada kurutma sıcaklığının yükseltilmesinin yanı sıra kurutmanın yaklaşık 8 gün gibi oldukça uzun bir sürede tamamlandığı gölgede kurutma yönteminin kullanımı, kurutulmuş ürününde kızarıklık oluşmasına neden olmuştur. Öztekin ve Sacilik (2020) 65°C’de kurutulmuş Ankara armudunun kırmızılık değerinin 55 ve 75°C’ye göre azaldığını saptamıştır.

Sıcak havayla kurutmanın en düşük sıcaklık uygulaması olan 60°C’de Deveci armudunun hakim rengi olan sarılık (*b*) değeri taze ürüne kıyasla yaklaşık %27 oranında artmıştır. Buna karşın gölgede kurutulmuş Deveci armudunun sarılık değerinin ise taze ürününkinden %64 oranında yüksek olduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın 100°C olduğu sıcak havayla kurutma uygulamasında sarılık değerinin 80°C ve 60°C’ye göre sırasıyla %12 ve %23 oranında da yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sıcak havayla kurutmada uygulanan sıcaklık derecesinin artırılması kurutulmuş Deveci armudunun daha fazla sararmasına neden olmuştur. Bununla birlikte açık alanda uzun sürede tamamlanan bir kurutma yöntemi olan gölgede kurutma da ürünün yüksek oranda sararmasına yol açmıştır. Guiné ve Barroca (2014) Portekiz yerel armut çeşidi olan Joaquina armudunun kurutulmasında sıcak havayla kurutmada sıcaklığın artması ile *b* değerinin de arttığını tespit etmiştir. Ankara armudunun kurutulmasına yönelik çalışmalarında Öztekin ve Sacilik (2020), 55 ve 75°C’ye kıyasla 65°C’de materyalin sarılığının azaldığını belirlemiştir.

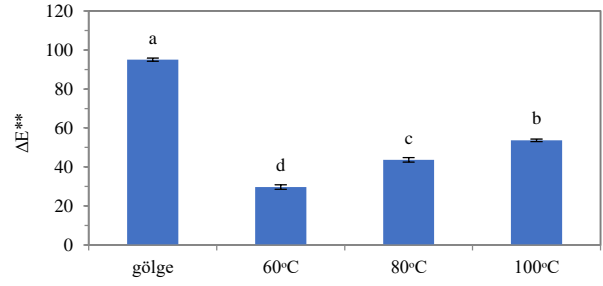
Taze Deveci armudunun kroma (*C*) değerinin kurutulmuş ürünlerden daha düşük olduğu saptanmıştır. En yüksek *C* değeri gölgede kurutulmuş ürünlerde gözlemlenmiş olup bunu sırasıyla 100°C, 80°C ve 60°C’de sıcak havayla kurutma yöntemleri izlemiştir. Gölgede kurutulmuş Deveci armutlarının *C* değeri taze olanlardan %83 oranında yüksektir. Buna karşın 60°C’de kurutulmuş armutların *C* değeri ise tazeye oranla yaklaşık %34 daha fazladır. Taze Deveci armudunun renginde pastel açık sarı bir ton hakim olduğundan dolayı kroma değeri düşüktür. Sıcak havayla kurutmada uygulanan sıcaklık derecesinin artırılması üründe koyulaşma, kızarma ve sararmaya neden olarak kroma değerinde artışa yol açmıştır. Benzer şekilde kurutma süresinin uzamasına neden olan gölgede kurutma yönteminin kullanılması da benzer bulgulara yol açarak kroma değerini yükseltmiştir. Bizim bulgularımıza benzer şekilde, Guiné ve Barroca (2014) Joaquina armudunun kurutulmasında kurutma sıcaklığının artması ile kroma değerinin de artış gösterdiğini belirlemiştir.

En yüksek renk açısına (α°) sahip olan taze ürüne en yakın renk açısı 60°C’de kurutulmuş ürünlerde meydana gelmiş olup bunu sırasıyla 80°C, 100°C ve gölgede kurutma yöntemleri izlemiştir. Taze armudun renk açısı 83,01 ile tam sarı olarak kabul edilen 90°’ye oldukça yakınken, en fazla renk kaybına neden olan gölgede

kurutulmuş ürünlerin α° değerinin 62,27 ile turuncu-sarı olarak tanımlanan bir renge sahip olduğu görülmüştür. Sıcak havayla kurutma yönteminde sıcaklık derecesinin artması ile renk açısında azalma meydana geldiği görülmüş ve bu durum üründe turuncuya yakın sarı bir tonun hakimiyetine neden olmuştur. Öztekin ve Sacilik (2020) sıcak havayla kurutma sıcaklığındaki yükselmenin renk açısını azalttığını saptamıştır.

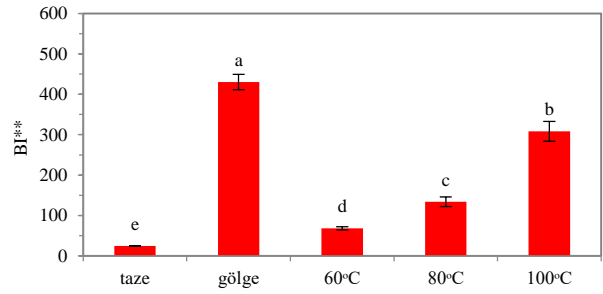
Gölgede ve sıcak havayla kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Deveci armudunun toplam renk değişimi (ΔE) Şekil 5’de verilmiştir. Buna göre, en yüksek renk değişiminin gölgede kurutmada meydana geldiği görülmüştür. En düşük renk değişiminin ise 60°C’de olduğu belirlenmiştir. Sıcak havayla kurutmada, kurutma sıcaklığının artırılması renk değişimini de artırmış olup 60°C sıcaklık uygulamasında oluşan renk değişimi gölgede, 80°C ve 100°C’de kurutulmuş örneklerdeki değişime kıyasla sırasıyla 3,20, 1,47 ve 1,81 kat artırmıştır. Guiné (2011) armut meyvesinin kurutulmasında doğal kurutma yönteminde sıcak hava kurutma yöntemine kıyasla *L* ve *b* değerlerinde önemli kayıpların olduğunu vurgulamıştır. Barroca ve ark. (2013) Joaquina çeşidi armudu 60 ve 70°C sıcaklıkta kurutmuş ve *L* değerinin 60 ve 70°C’de gerçekleştirilen kurutma denemelerinde sırasıyla 1,11 ve 1,05 kat azalma olduğu görülmüştür. Kurutmanın etkisiyle *a* değerinin her iki sıcaklıkta da yeşilden kırmızıya döndüğü ve sarılık değerinin yaklaşık olarak 1,6 kat arttığı kaydedilmiştir. Öztekin ve Sacilik (2020) Deveci armudunun toplam renk değişiminin sıcak havayla kurutmada uygulanan sıcaklığın artmasıyla artış gösterdiğini bildirmiştir. Domínguez-Niño ve ark. (2021) iki farklı sıcaklık ve hava hızında armut dilimlerini kurutmuş ve sıcaklık ve kurutma hava hızındaki artışın parlaklık değerini arttırdığı belirtilmiştir.

Farklı kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Deveci armudunun kahverengileşme indeksi (*BI*) taze ürünle karşılaştırmalı olarak Şekil 6’da sunulmuştur. En düşük *BI* değeri taze üründe saptanmasına karşın, en yüksek *BI* değeri ise gölgede kurutulmuş ürünlerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, sıcak havayla kurutmada sıcaklığın artırılması kahverengileşme indeksinin önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Gölgede kurutmanın diğer yöntemlere kıyasla oldukça uzun sürmesi, ürünün havayla olan temasını artırmış ve bu da ürünün okside olarak kahverengileşmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, yüksek sıcaklık da Deveci armudunda meydana gelen hem enzim aktivitesini hem de oksidasyonu tetiklemiş ve bu durum sıcaklığın artmasıyla kahverengileşme indeksinde meydana gelen artışa neden olmuştur. Sıcak havayla kurutmada 60°C’deki kahverengileşme indeksi gölgede kurutma, 100°C ve 80°C’de kurutmadan sırasıyla 6,33, 4,53 ve 1,97 kat daha düşüktür. Buna karşın taze armut dilimlerinde oluşan kahverengileşme indeksinin ise gölgede kurutma ve 60°C’de kurutmadan sırasıyla 17,47 ve 2,76 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamıza paralel olarak, Guiné ve Barroca (2014) Joaquina armudunun kurutulması sırasında kurutma sıcaklığındaki artışın *BI* değerini artırdığını bildirmiştir. İzli (2018) kurutma sıcaklığının artmasıyla Deveci armudunun *BI* değerinin de arttığını saptamıştır.



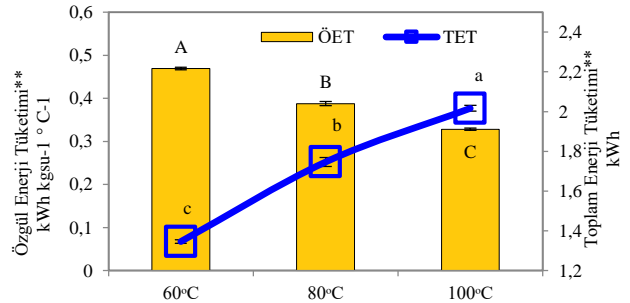
Şekil.5. Sıcak hava ve gölgede kurutma yöntemleri ile kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin toplam renk değişimi, ** P<0,01

Figure 5. Total color change of Deveci pear slices dried by hot air and shade drying methods, ** P<0.01



Şekil.6. Taze ürünün yanı sıra sıcak hava ve gölgede kurutma ile kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin kahverengileşme indeksi, ** P<0,01

Figure 6. The brownin index of Deveci pear slices dried by hot air and shade drying methods as well as fresh produce, ** P<0.01



Şekil.7. Sıcak hava ile kurutulmuş Deveci armudu dilimlerinin toplam enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi, ** P<0,01

Figure 7. Total energy consumption and specific energy consumption of hot-air dried Deveci pears slices, ** P<0.01

Özgül Enerji Tüketimi

Deveci armudu dilimlerinin 60°C, 80°C ve 100°C’de sıcak havayla kurutma yöntemiyle kurutulması sırasında harcanan toplam enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi değerleri Şekil 7’de gösterilmiştir. Kurutma sıcaklığının artması ile toplam enerji tüketiminin arttığı, buna karşın özgül enerji tüketiminin azaldığı belirlenmiştir. En düşük sıcaklık uygulaması ve en uzun süreli sıcak havayla kurutma yöntemi olan 60°C’de kurutmadaki toplam enerji tüketiminin 80°C ve 100°C’deki tüketimden sırasıyla %30 ve %50 oranında daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 60°C’deki özgül enerji tüketiminin 80°C ve 100°C’dekenden sırasıyla %21 ve %43 oranında fazla

olduğu belirlenmiştir. Aghbashlo ve ark. (2008) da kurutma sıcaklığının artması ile özgül enerji tüketiminin azaldığını saptamıştır. Benzer şekilde, Polatçı ve Erkmen (2019) sıcak havayla kurutma sıcaklığının artması ile toplam enerji tüketiminin arttığını, buna karşın özgül enerji tüketiminin azaldığını bildirmiştir.

Sonuç

Başlangıç nemi $83,95 \pm 0,01$ ($5,24 \pm 0,003 \text{ kg}_{\text{su}} \text{ kg}_{\text{KM}}^{-1}$) olan $100 \pm 0,1$ g ağırlığındaki Deveci armudu dilimleri son nemi $11,40 \pm 0,06$ ($0,13 \pm 0,001 \text{ kg}_{\text{su}} \text{ kg}_{\text{KM}}^{-1}$) oluncaya dek gölgede kurutma ve 60, 80 ve 100°C 'de sıcak havayla kurutma yöntemleri kullanılarak sırasıyla 11150, 437, 252 ve 148 dakikada kurutulmuştur. Deneysel ayrılabilir nem oranı verileri literatürde daha önce tanımlanmış olan yirmi farklı ince tabaka kurutma eşitliği kullanılarak modellenmiştir. Buna göre gölgede ve 80°C 'de kurutma yöntemleri için en iyi tahmin modellerinin sırasıyla Alibas ve Jena & Das eşitlikleri olduğu belirlenmiştir. Modified Henderson & Pabis eşitliğinin ise hem 60°C hem de 100°C için en iyi tahmin modeli olduğu tespit edilmiştir.

Renk, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeksi açısından taze ürüne en yakın kurutma yönteminin 60°C 'de sıcak havayla kurutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. En üst düzeyde renk kaybının ve kahverengileşme indeksinin gölgede kurutma yönteminde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Özgül enerji tüketiminin en düşük olduğu, buna karşın toplam enerji tüketiminin en yüksek olduğu sıcak havayla kurutma yönteminin 60°C olduğu tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığının artması ile özgül enerji tüketiminde azalma, toplam enerji tüketiminde ise artma meydana geldiği görülmüştür. Kurutma süresi, özgül enerji tüketimi, renk parametreleri, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeksi bakımından en iyi yöntemin 60°C sıcaklıkta sıcak havayla kurutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Buna karşın herhangi bir enerji tüketimi olmamasına rağmen gölgede kurutma yönteminin kurutma süresinin uzunluğu, renk parametrelerinde yüksek oranda kayba neden olması ve ürünün renginde kahverengileşme meydana gelmesi bakımından Deveci armudunun kurutulmasına uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

Aghbashlo M, Kianmehr MH, Samimi-Akhijahani H. 2008. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of berberis fruit (Berberidaceae). *Energy Conversion and Management*, 49: 2865-2871. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.03.009>

Aghbashlo M., Kianmehr MH, Khani S., Ghasemi M. 2009. Mathematical Modeling of Carrot Thin-Layer Drying using New Model. *International Agrophysics*, 23 (4): 313-317.

Akbal N, Vural A. 2018. Kurutulmuş meyve örneklerinde mikrobiyolojik kalite özelliklerinin araştırılması. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 11(2): 93-97.

Alibas I, Yilmaz A, Asik BB, Erdoğan H. 2021. Influence of drying methods on the nutrients, protein content and vitamin profile of basil leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96: 103758. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103758>

Alibas I, Zia M P, Yilmaz A, Asik BB. 2020. Drying kinetics and quality characteristics of green apple peel (*Malus communis* L. var. "Granny Smith") used in herbal tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(2): e14332, <https://doi.org/10.1111/jfpp.14332>

Alibas I, Zia P M, Yilmaz A. 2019. The Effect of Drying Methods on Color and Chlorophyll Content of Parsley Leaves. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(6): 919-926. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i6.919-926.2548>

Alibas I. 2007. Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying. *Biosystems Engineering*, 96(4): 495-502. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.12.011>

Alibas I. 2009. Microwave, Vacuum, and Air Drying Characteristics of Collard Leaves. *Drying Technology*, 27(11): 1266-1273. <https://doi.org/10.1080/07373930903267773>

Alibas İ. 2012. Sıcak havayla kurutulan enginar (*Cynara Cardunculus* L. var. *scolymus*) dilimlerinin kuruma eğrilerinin tanımlanmasında yeni bir modelin geliştirilmesi ve mevcut modellerle kıyaslanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 49-61.

Alibas İ. 2015. İnce tabaka mango dilimlerinin mikrodalga tekniği ile kurutulması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2015): 99-109. <https://doi.org/10.7161/anajas.2015.30.2.99-109>

Anonim 2019. Menşe adı Gürsu Deveci Armudu Gürsu Ziraat Odası. <https://www.ci.gov.tr/Files/GeographicalSigns/2848aea5-be59-4c3c-8d6f-ee3ffe82a6c9.pdf> (Erişim tarihi: 30/12/2019).

Babalıs SJ, Papanicolaou E, Kyriakis N, Belessiotis VG. 2006. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of Figs (*Ficus carica*). *Journal of Food Engineering*, 75 (2): 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.008>

Barroca M J, Guiné R P F, Alves M, Oliveira S, Gonçalves F J, Correia P M R. 2013. Effect of drying on the properties of pears cv. D. Joaquina. *Proceedings of the VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*, Madrid, Espanha, Ref. C0115, 6pp.

Cemeroğlu B, Özkan M. 2004. Kurutma teknolojisi, meyve sebze işleme teknolojisi, 2.cilt. Bizim Büro Yayınevi, Ankara, Türkiye, 2: 479-613.

Çetin N. 2019. Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 17: 463-470. <https://doi.org/10.31590/ejosat.626203>

Chandra PK, Singh RP. 1995. *Applied Numerical Methods for Food and Agricultural Engineers*. pp. 163-167. CRC Press. Boca Raton, FL.

Chen J, Wang Z, Wu J, Wang Q, Hu X. 2007. Chemical compositional characterization of eight pear cultivars grow in China. *Food Chemistry*, 104 (1): 268-275. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.038>

Demir H, Sezer S, Süfer Ö. 2017. Soğan dilimlerinin kurutulması esnasında renk değişimine etki eden faktörlerin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi. *OKAÜ Gıda Teknoloji Derneği*, 42 (6): 731-742.

Demir V, Gunhan T, Yagcioglu AK, Degirmencioglu A. 2004. Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. *Biosystems Engineering*, 88 (3): 325-335. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.04.005>

Diamante LM, Munro PA. 1991. Mathematical modeling of hot air drying of sweet potato slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 26 (1): 99-109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb01145.x>

Diamante LM, Munro PA. 1993. Mathematical modeling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Solar Energy*, 51 (4): 271-276. [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(93\)90122-5](https://doi.org/10.1016/0038-092x(93)90122-5)

Dinrifo RR. 2012. Effects of pre-treatments on drying kinetics of sweet potato slices. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(3):136-145.

Domínguez-Niño A, Salgado-Sandoval O, López-Vidaña E C, César-Munguía A L, Pilatowsky-Figueroa I, García-Valladares O. 2021. Influence of process variables on the drying kinetics and color properties of pear slices (*Pyrus communis*). *Color Research and Application*, 1: 1-14. <https://doi.org/10.1002/col.22625>

Doymaz İ, İsmail O. 2012. Experimental characterization and modelling of drying of pear slices. *Food Science and Biotechnology*, 21(5): 1377-1381. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0181-3>

- Doymaz İ. 2013. Experimental study on drying of pear slices in a convective dryer. *International Journal of Food Science and Technology*, 48 (9): 1909-1915. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12170>
- Erbil N, Murathan ZT, Arslan M, Ilcim A, Sayin B. 2018. Antimicrobial, antioxidant, and antimutagenic activities of five turkish pear cultivars. *Erwerbs-Obstbau*, 60: 203-209. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0359-1>
- Guiné R P F. 2011. Influence of Drying Method on Some Physical and Chemical Properties of Pears. *International Journal of Fruit Science*, 11(3): 245-255. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.608295>
- Guiné RPF, Barroca MJ. 2014. Evaluation of the browning kinetics for bananas and pears submitted to convective drying. *Current Biochemical Engineering*, 1(2): 165-172. <https://doi.org/10.2174/2212711901666131203000741>
- Güler HÖ, Tuncer AD, Şirin C, Usta H. 2019. Effect of forced convection drying on the thin layer characteristics of ‘Deveci’ pear (*Pyrus Communis L.*), 3rd International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences 2019, p. 94-101. Trabzon, Turkey.
- Henderson SM, Pabis S. 1961. Grain drying theory. II: Temperature effects on drying coefficients. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6: 169-174.
- Henderson SM. 1974. Progress in developing the thin layer drying equation. *Transaction of ASAC*, 17: 1167-1172. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.37052>
- İnan E. 2010. Yeni tip doğrudan değmeli kurutucunun geliştirilmesi ve reyhan (*Ocimum basilicum L.*) bitkisini kurutma performansının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye.
- İzli G. 2018. Effects of different drying applications on the some quality characteristics of pear fruit. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(4):479-485. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i4.479-485.1800>
- Jena S, Das H. 2007. Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. *Journal of Food Engineering*, 79(1): 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.032>
- Karadeniz F, Burdurlu HS, Koca N, Soyer Y. 2005. Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 297-303.
- Karadeniz F. 1999. Armut suyunun kimyasal bileşimi üzerine araştırma. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 355-358.
- Karathanos VT. 1999. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 39(4): 337-344. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00132-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00132-0)
- Kassem AS. 1998. Comparative studies on thin layer drying models for wheat. 13 th International Congress on Agricultural Engineering, vol. 6, Morocco. 2-6 February.
- Kim B, Oh B, Lee J, Yoon Y S, Lee H. 2020. Effects of Various Drying Methods on Physicochemical Characteristics and Textural Features of Yellow Croaker (*Larimichthys Polyactis*). *Foods*, 9:196.
- Lahsasni S, Kouhila M, Mahrouz M, Jaouhari JT. 2004. Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). *Journal of Food Engineering*, 61(2):173-179. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00084-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00084-0)
- Lewis WK. 1921. The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-432. <https://doi.org/10.1021/ie50137a021>
- Lutovska M, Mitrevski A, Pavkov I, Mijakovski V, Radojčin M. 2016. Mathematical modelling of thin layer drying of pear. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 22(2): 191-199. <https://doi.org/10.2298/CICEQ150122032L>
- Midilli A, Kucuk H, Yapar Z. 2002. A new model for single layer drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513. <https://doi.org/10.1081/DRT-120005864>
- Motevali A, Minaei S, Banakar A, Ghobadian B, Darvishi H. 2016. Energy analyses and drying kinetics of chamomile leaves in the microwave-convective dryer. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(2): 179-187.
- Overhults DD, White GM, Hamilton ME, Ross IJ. 1973. Drying soybeans with heated air. *Transactions of the ASEA*, 16: 195-200. <https://doi.org/10.13031/2013.37459>
- Özaydın AG, Özçelik S. 2014. Ankara armudunun bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine fırında kurutma işleminin etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4): 17-26.
- Öztekin YB, Sacilik K. 2020. Drying characteristics of ‘Ankara’ pear slices. *Italian Journal of Food Science*, 32: 251-264. <https://doi.org/10.14674/IJFS-1697>
- Page G. 1949. Factors influencing the maximum rates of air-drying shelled corn in thin layer. M.S. Thesis. Department of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
- Polatçı H, Erkmek Y. 2019. Effects of different drying methods on modelling, energy consumption and final quality of tomato (*Lycopersicum esculentum Mill*). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12): 2148-2153. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2148-2153.2909>
- Russo P, Adiletta G, Di Matteo M. 2013. The influence of drying air temperature on the physical properties of dried and rehydrated eggplant. *Food and Bioproducts Processing*, 91(3): 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.10.005>
- Sangwan A, Kawatra A, Sehgal S. 2011. Bio-Chemical analysis of coriander leaves powder prepared using various drying methods. *Journal of Dairying Foods & Home Sciences*, 89(2): 167-173.
- Santos SCRVL, Guiné RPF, Barros A. 2014. Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of rocha variety (*Pyrus communis L.*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8(2): 105-112. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9170-y>
- Sharaf-Eldeen O, Blaisdell YI, Spagna G. 1980. A model for ear corn drying. *Transactions of the ASAE*, 23: 1261-1271. <https://doi.org/10.13031/2013.34757>
- Sharma G P, Prasad S. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 50(2001): 99-105. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00200-4)
- Soysal Y. 2004. Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystem Engineering*, 89(2): 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.008>
- Taşkın O, İzli G, İzli N. 2018. Convective Drying Kinetics and Quality Parameters of European Cranberrybush. *Journal of Agricultural Sciences*, 24: 349-358.
- Verma LR, Bucklin RA, Endan JB, Wratten FT. 1985. Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transactions of the ASEA*, 28: 296-301. <https://doi.org/10.13031/2013.32245>
- Yagcioglu A, Degirmencioglu A, Cagatay F. 1999. Drying Characteristic of Laurel Leaves under Different Conditions of Conditions. In: Bascetincelik A., editor. *Proceeding of the 7 th International Congress of Agricultural Mechanization and Energy*, p.565-569. Cukurova University, Adana, Turkey. 26-27 May
- Yang J, Chen J, Zhao Y, Mao L. 2010. Effects of Drying Processes on the Antioxidant Properties in Sweet Potatoes. *Agricultural Sciences in China*, 9(10): 1522-1529.
- Yılmaz T. 2017. Üzüm kurutma işlemi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı. *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 13(2): 537-544. <https://doi.org/10.18466/cbayarfb.320007>
- Zia PM. 2019. Drying Of Blueberry (*Vaccinium Spp.*) And Cornelian Cherry (*Cornus Mas L.*) using Different Methods And Determination Of Bactericidal Effect Of The Dried Product On E.Coli (*Escherichia Coli*) Under In Vitro Conditions. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
- Zweifel C, Handschin S, Escher F, Conde-Petit B. 2003. Influence of High-Temperature Drying on Structural and Textural Properties of Durum Wheat Pasta. *Cereal Chemistry*, 80(2):159-167.