



The Effect of Drying Methods on Drying and Thermo-Physical Properties of Apricot Kernels

Burcu Aksüt^{1,a,*}, Hakan Polatçı^{2,b}, Muhammed Taşova^{2,c}

¹Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Tokat, Türkiye

²Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 19-01-2023 Accepted : 14-03-2023</p> <p><i>Keywords:</i> Apricot kernels Drying process Color properties Drying parameters Thermal properties</p>	<p>Apricot kernels are used in medicine as pain reliever, antimutagenic, anti-inflammatory and antimicrobial. In addition, the sweet ones of apricot kernels are consumed as snacks, and the bitter ones are used as raw materials in the cosmetics industry. It is important to determine the effect of the methods in the apricot kernel drying process, which is thought to affect the usage areas indirectly or directly. In this study, apricot kernels were dried in 3 different methods: in an oven (50°C, 60°C and 70°C), in a climate cabinet (%30 RH+50°C, %30 RH+60, ve %30 RH+70°C) and in the shade. When the drying times of the drying processes were examined, the longest drying was found in the shade drying method with 22 hours, and the shortest drying was determined in the oven at a drying temperature of 4 hours and 70°C. When the mathematical model data for all methods are examined; Midilli-Küçük model equation was estimated as the best model ($R^2:0.9999$) among Page, Yağcıoğlu and Midilli-Küçük drying models. When the color values were examined, the methods closest to the color values of fresh apricot kernels were found at 70°C and 30% relative humidity in the air-conditioning cabinet and at 70°C in the oven. In terms of thermo-physical properties, the highest specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity values were determined in the shade drying method, while the highest specific mass values were determined in the samples that were dried in an oven at 60°C.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(3): 546-552, 2023

Kayısı Çekirdeğinin Kuruma ve Termo-Fiziksel Özelliklerine Kurutma Yöntemlerinin Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 19-01-2023 Kabul : 14-03-2023</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Kayısı çekirdeği Kurutma işlemi Renk özellikleri Kuruma parametreleri Termal özellikler</p>	<p>Kayısı çekirdeği ağrı kesici, antimitojenik, iltihap önleyici ve antimikrobiyal olarak tıp alanında kullanılmaktadır. Ayrıca kayısı çekirdeklerinin tatlı olanları çerez olarak tüketilmekte, acı olanları ise kozmetik sanayisinde hammadde olarak değerlendirilmektedir. Kullanım alanlarını dolaylı veya doğrudan etkileyeceği düşünülen kayısı çekirdeği kurutma işleminde yöntemlerin etkisinin belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla yapılan çalışmada, kayısı çekirdekleri etüvde (50°C, 60°C ve 70°C), iklimlendirme kabininde (%30 RH+50°C, %30 RH+60, ve %30 RH+70°C) ve gölgede olmak üzere 3 farklı yöntemde kurutulmuştur. Kurutma işlemlerinin kuruma süreleri incelendiğinde en uzun kuruma 22 saat ile gölgede kurutma yönteminde, en kısa kuruma ise 4 saat ile 70°C kurutma sıcaklığında etüvde tespit edilmiştir. Tüm yöntemler için matematiksel model verileri incelendiğinde; Midilli-Küçük model eşitliği Page, Yağcıoğlu ve Midilli-Küçük kurutma modelleri arasında en iyi model ($R^2=0,9999$) olarak tahmin etmiştir. Renk değerleri incelendiğinde taze kayısı çekirdeğinin renk değerlerine istatistiksel açıdan en yakın yöntemler iklimlendirme kabininde 70°C ve %30 bağıl nem koşulunda, etüvde ise 70°C sıcaklıkta bulunmuştur. Termo-fiziksel özellikler de ise en büyük özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyon hızı değerleri gölgede kurutma yönteminde belirlenirken, en büyük özgül kütle değerleri ise 60°C de etüvde kurutulan örneklerde belirlenmiştir.</p>

^a burcu.aksutt@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-2732-5388>

^c hakan.polatci@gop.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-2071-2086>

^c muhammed.tasova@gop.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-5025-0807>



Giriş

İlk çağlardan beri uygulanan ve insanların doğadan öğrendiği en eski muhafaza yöntemlerinden biri kurutmadır. Ürün bünyesinde bulunan nemin belirli sınırlarına kadar buharlaştırılması işlemi kurutma olarak tanımlanmaktadır. Tarımsal ürünlerin kurutulmasının amacı; ürünün depolama süresi içerisinde bozulmadan daha uzun süre saklanmasını sağlamaktır. Ürünlerin bozulmasına sebep olan etmenler ise zararlı mikroorganizmalar, ürün nemi, oksijen miktarı ve ortam sıcaklığı olarak sıralanmaktadır (Karaaslan ve Erdem 2009; Veral, 2019). Mevcut nemi azaltarak meydana gelebilecek bozulmaları engellemek ve ürün raf ömrünü uzatmak için en fazla uygulanan metod kurutma işlemidir.

Kurutma işlemlerinde birçok enerji kaynağı türü kullanılarak geliştirilen kurutucular mevcuttur. Bu amaçla literatürde kullanılan yaklaşık 500 çeşit kurutucunun olduğu bildirilmesine rağmen bunlardan ortalama 100 tanesi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Mujumdar, 2000; Şevik, 2013). Bu yöntemler arasında açıkta, vakum, mikrodalga, kızılötesi ve normal sıcak hava kurutma işlemleri ile bunların kombinasyonlarından oluşan hibrit kurutma teknikleri yer almaktadır. Her yöntemin kendi arasında avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Açıkta kurutma yönteminde enerji kaynağı olarak güneş kullanılmaktadır. Güneşte kurutma yöntemi enerji tüketimi açısından değerlendirildiğinde masrafsız bir kurutma yöntemidir. Fakat çevresel etmenler (kir, toz, böcek kalıntıları) ve homojen olmayan sıcaklık dağılımından dolayı bu kurutma işlemi uzun sürmektedir. Sıcak havayla kurutma yönteminde ise enerji maliyeti fazla, fakat kurutma işlemi daha kısa ve daha homojen bir işlem sunmaktadır.

Dünyada yaygın olarak yetiştirilen meyvelerden biride kayısıdır. Kayısı (*Prunus armeniaca L.*) taze, kuru ve konserve olarak tüketilen ticari değeri yüksek olan bir meyvedir. Türkiye’de ekonomik olarak önemli bir yere sahip olan kayısının anavatanı Çin’dir (İzli, 2016). A vitamini kaynağı, demir, şeker, lif ve zengin demir içeriğine sahip bir meyvedir. Üretimi oldukça fazla olan bu meyve 2021 yılında Türkiye’de 800.000 ton üretilmiştir (TÜİK, 2021). Marmelat, meyve suyu, pestil, dondurma ve reçel yapımında kullanılan bu meyve aynı zamanda krema, jöle, pasta likör, yoğurt ve şekerleme yapımında da kullanılmaktadır. Kayısı çekirdekli bir meyvedir. Çekirdeği birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin kayısı çekirdeklerinin tatlı olanları çerez olarak tüketilmekte, acı olanları ise kozmetik sanayisinde hammadde olarak kullanılmaktadır (Özdoğru ve ark., 2015; Gül-Dikme ve ark., 2020). Ayrıca kayısı çekirdeği ağırlık kesici, antimutajenik, iltihap önleyici ve antimikrobiyal olarak tıp alanında da kullanılmaktadır. Kayısı çekirdeğinin kurutulması kullanılan alanlarındaki işlemlerin başarısı ve kalitesini etkileyeceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, kayısı çekirdekleri 50°C, 60°C, ve 70°C sıcaklıklarında etüvde, sabit %30 Rh+50°C, %30 Rh+60, ve %30 Rh+70°C kurutma sıcaklıklarında iklimlendirme kabininde ve gölgede kurutulmuştur. Bağlı nemin, sıcaklık değerlerinin ve kurutma yöntemlerinin kuruma süresi, modelleme, renk ve termo-fiziksel özellikleri (özellikler, özgül ısı, özgül kütle, termal iletkenlik ve termal difüzyon) üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Nem tayini ve kurutma işlemleri

Çalışmada kullanılan taze kayısı meyvesi Tokat ilinin yerel bir marketinden temin edilmiştir. Alınan meyveler kurutma denemeleri tamamlanana kadar 4,0±0,5°C sıcaklık koşullarında muhafaza edilmiştir. Denemede alınan kayısılardan çıkarılan çekirdeklerin ilk nem içeriği değerleri etüvde 70°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra belirlenmiştir (Yağcıoğlu, 1999). Yaş ve kuru baza göre nem içeriği değerleri sırasıyla (1) ve (2) numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Nem tayini ve kurutma işlemleri Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği kurutma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

$$N_y = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

$$N_k = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

Burada; N_y : Yaş baza göre nem (%), N_k : Kuru baza göre nem (%), W_i : Yaş örneğin ağırlığı (g), W_s : Kuru örneğin ağırlığı (g).

Kayısı çekirdeği kurutma denemeleri etüv, Nüve ID 300 iklimlendirme test kabininde ve gölgede gerçekleştirilmiştir. Yapılan her kurutma denemesi için 8,0±1,0 g çekirdek kullanılmıştır. Kurutma denemeleri üç tekerrürlü yürütülmüştür. Kurutucu içerisindeki ürünler belirli süre aralıklarında çıkartılıp 0,01 g hassasiyete sahip bir hassas terazi ile tartılarak ürün nemi yaş baza göre %10-13 seviyesine ulaşana kadar kurutulmuştur.

Kurutma işlemleri etüvde (Oven, ST120) etüvde (50°C, 60°C ve 70°C), iklimlendirme kabininde (Nüve, ID 300 model) (%30 RH+50°C, %30 RH+60 ve %30 RH+70°C) ve gölgede kurutma yöntemi kullanılmıştır.

Renk ölçümü

Taze ve kurutulmuş kayısı çekirdeklerinin rengini tanımlayan L^* , a^* ve b^* değerleri Minolta marka CR300 model renk ölçer ile ölçülmüştür. Bu değerler kullanılarak kroma, hue, kahverengileşme indeksi ve toplam renk değişim değerleri hesaplanmıştır. " L^* " çekirdeğin parlaklık değerini ifade ederken 0-100 arasında değerler almaktadır. " a^* " kırmızı-yeşil ve " b^* " ise sarı-mavi renkleri temsil etmektedir. Bu pozitif (+) değerler " a^* " renginin kırmızıyı ve " b^* " renginin sarı olduğunu; negatif (-) değerler " a^* " renginin yeşil ve " b^* " renginin mavi olduğunu göstermektedir (McGuire, 1992).

Kroma değeri, çekirdek renginin doygunluğunu göstermektedir. Canlı renklerde yüksek değerler hesaplanırken solgun renklerde düşük değerler hesaplanmaktadır. Kroma değeri eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır (Ramallo ve Mascheroni, 2012).

Hue değeri, kırmızı ve sarı tonları kullanılarak hesaplanan bir renk radyantını ifade etmektedir. Hue değeri eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmıştır (Alemrajabi ve ark., 2012).

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (4)$$

Toplam renk değişim değeri (ΔE), çekirdeğe uygulanan kurutma yöntemlerinin renk değişimine olan etkisini göstermektedir. Toplam renk değişim değeri eşitlik (8) kullanılarak hesaplanmıştır (Çelen ve ark., 2015).

$$\Delta L = L_{taze} - L^2 \quad (5)$$

$$\Delta a = a_{taze} - a \quad (6)$$

$$\Delta b = b_{taze} - b \quad (7)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (8)$$

Kahverengileşme indeksi değeri (BI), kayısı çekirdeklerinde kurutma işlemi sonunda gerçekleşen kahverengileşme değerini belirtmektedir. Kahverengileşme indeksi eşitlik (9) kullanılarak hesaplanmıştır (Plou ve ark., 1999).

$$X = \frac{a+(1,75 \times L)}{[(5,645 \times L)+(a-(3,012 \times b))]} \quad (9)$$

$$BI = \frac{[100(x-0,31)]}{0,17} \quad (10)$$

Matematiksel modelleme

Üründen uzaklaşan nem oranlarını belirlemek için 11 numaralı eşitlik kullanılmıştır (Maskan, 2000).

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (11)$$

Burada: ANO; Uzaklaşan nem oranı, M; Ürünün anlık nem içeriği (g su/g kuru madde), M_e ; Ürünün denge nem içeriği (g su/g kuru madde), M_0 ; Ürünün ilk nem içeriğini (g su/g kuru madde) temsil etmektedir.

Kuruma eğrilerini oluşturmak için literatürde yaygın olarak kullanılan Yağcıoğlu, Page ve Midilli-Küçük ince tabakalı matematiksel modeller seçilmiştir. Modellere ait eşitlikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Termo-fiziksel özellikler

Kayısı çekirdeğinin kuru baza göre nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyivite ve özgül kütle değerleri hesaplanmıştır. Özgül ısı değeri eşitlik belirlemek için eşitlik (12) kullanılarak hesaplanmıştır (Huang ve ark., 2013; Taşova ve Polatçı, 2021).

$$C_{p=837+3348\left(\frac{x}{1+x}\right)} \quad (12)$$

Burada: C_p : özgül ısı (J kg.K⁻¹), X: kuru baza göre olan nem içeriğini (kg su.kg kuru madde⁻¹) temsil eder. Kayısı çekirdeğinin termal iletkenlik değeri eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmıştır (Ruiz-Lopez ve ark., 2004; Taşova ve Polatçı, 2021).

$$k = 0,49 - 0,44 \exp(-0,206X) \quad (13)$$

Burada: k: termal iletkenlik (W m.K⁻¹) değerini temsil eder.

Kurutma materyalinin termal difüzyivite değerinin hesaplanmasında eşitlik (14) kullanılarak hesaplanmıştır (Ruiz-Lopez ve ark., 2004; Taşova ve Polatçı, 2021).

$$\alpha = \frac{k}{p \cdot C_p} \quad (14)$$

Burada: α : termal difüzyivite (m².s⁻¹), p: özgül kütle (kg.m⁻³) değerini temsil eder.

Kayısı çekirdeğinin özgül kütle değeri ise eşitlik (15) kullanılarak hesaplanmıştır (Perusello ve ark., 2013; Tzempelikos ve ark., 2015; Taşova ve Polatçı, 2021).

$$P_p = 147,95 \frac{X}{X_0} + 691,46 \quad (15)$$

Burada: P_p : özgül kütle (kg.m⁻³), X_0 : kuru baza göre ilk nem içeriği (kg su.kg kuru madde⁻¹) değerini temsil eder.

İstatistiksel analiz

Kurutulmuş örneklerle tazeleri arasındaki istatistiksel farkı (P<0,05) belirlemek için SPSS23 programında işlenerek çoklu karşılaştırma testi (Duncan) yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Kuruma verileri

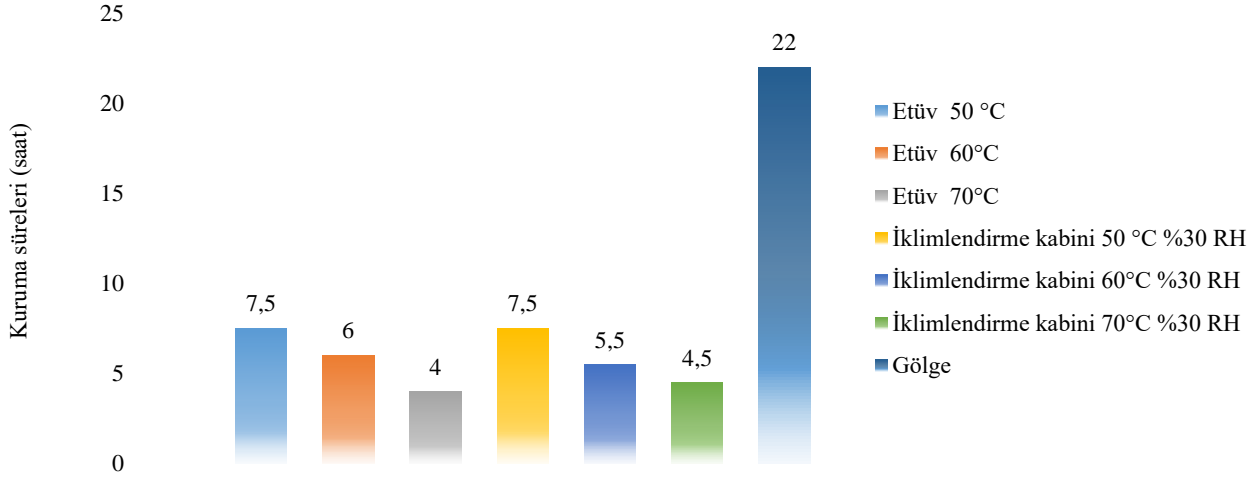
Kayısı çekirdeği örneklerinin ilk nem içeriği yaş baza göre %33,5 olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemlerinde bu değer güvenli depolanabilir %10-13 nem seviyesine kadar düşürülmüştür. Kurutma yöntemlerine ait kuruma süreleri Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'e göre en uzun kuruma süresi 22 saat ile gölgede kurutma yönteminde tespit edilmiştir. En kısa kuruma süresi ise 4 saat ile etüvde 70°C kurutma sıcaklığında belirlenmiştir. Konuk ve Korel (2015), yaptıkları çalışmada taze üzüm çekirdeklerini tane olarak kabin tipi kurutucuda 40, 50 ve 60°C sıcaklıklarında kurutmuşlar ve kurutulan çekirdeklerin ilk nem içeriğini %22.4 olarak bulmuşlardır. Zhang ve ark. (2016) ise yaptıkları kayısı çekirdeği kurutma çalışmasında nem içeriği kuru baza göre %44.6 olarak tespit etmişlerdir. Denemede kullanılan kayısı çekirdeklerinin nem içeriği Zhang ve ark (2016) çalışmasına göre düşük, Konuk ve Korel (2015)'e göre ise yüksektir. Düşük olmasının sebebi Zhang ve ark (2016) yaptıkları çalışmada nem içeriğini kuru baza göre hesaplamış olmalarıdır.

Çizelge 1. Kurutma model eşitlikleri

Table 1. Drying model equations

	Model ismi	Eşitlik	Kaynak
1	Yağcıoğlu	ANO = k.exp(-h.t) + j	Yağcıoğlu (1999)
2	Page	ANO = exp(-k * (t ** h))	Page (1949)
3	Midilli-Küçük	ANO = h.exp(-j.t ^k) + (m.t)	Midilli ve ark (2002)



Şekil 1. Kayısı çekirdeği kuruma süreleri
Figure 1. Apricot kernel drying times

Çizelge 2. Kayısı çekirdeğinin ölçülen renk değerleri (Ortalama±standart sapma)
Table 2. Measured colour values of apricot kernels (mean±standard deviation)

Kurutma Yöntemi	Kurutma şartları	L*	a*	b*
Taze	-	42,11±1,91 ^b	11,79±0,39 ^{bc}	13,00±1,14 ^c
Etüv	50 °C	37,42±3,16 ^c	11,04±1,00 ^d	12,93±1,99 ^c
	60 °C	40,81±1,85 ^c	11,30±0,61 ^{cd}	12,38±1,10 ^c
	70 °C	42,62±1,82 ^{ab}	11,15±0,65 ^{cd}	12,52±1,30 ^c
İklimlendirme Kabini	50 °C %30 RH	44,92±4,56 ^a	12,35±1,04 ^{ab}	17,20±2,13 ^c
	60 °C %30 RH	42,70±4,96 ^{ab}	12,76±1,03 ^a	16,16±2,07 ^a
	70 °C %30 RH	41,87±2,93 ^b	11,09±0,76 ^{cd}	12,19±1,68 ^c
Gölge	-	42,42±3,75 ^b	11,78±1,18 ^{bc}	15,02±1,66 ^b

*: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır

Çizelge 3. Kayısı çekirdeğinin hesaplanan renk değerleri (Ortalama±standart sapma)
Table 3. Calculated colour values of apricot kernels (mean±standard deviation)

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık/Bağıl nem	C	Hue	ΔE	BI
Taze	-	17,56±0,94 ^c	47,71±2,38 ^c	-	-
Etüv	50 °C	17,03±1,96 ^c	49,26±3,64 ^c	25,72±2,13 ^c	63,04±4,30 ^c
	60 °C	16,77±1,17 ^c	47,56±1,60 ^c	28,58±1,22 ^b	55,67±2,55 ^{de}
	70 °C	16,77±1,31 ^c	48,20±2,19 ^c	30,10±1,16 ^{ab}	53,24±3,28 ^e
İklimlendirme Kabini	50 °C %30 RH	21,21±2,04 ^a	51,16±3,27 ^a	30,84±3,27 ^a	67,65±4,26 ^b
	60 °C %30 RH	21,09±2,00 ^a	52,39±3,10 ^{ab}	29,20±3,51 ^{ab}	70,55±3,58 ^a
	70 °C %30 RH	16,50±1,69 ^c	47,48±2,59 ^c	29,57±1,90 ^{ab}	53,00±2,96 ^e
Gölge	-	19,11±1,79 ^b	51,82±2,90 ^b	29,30±2,80 ^{ab}	63,46±5,61 ^c

*: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır

Renk değerleri

Taze ve kurutulmuş kayısı çekirdeğinin renk değerleri Çizelge 2 ve Çizelge 3 'de verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde kurutulmuş kayısı çekirdeği örneklerinin L*, a* ve b* değerlerinde istatistiksel açıdan (P<0,05) benzer sonuçlar elde edilmiştir. L* değerleri iklimlendirme kabiniinde 70°C % 30 RH ve gölgede kurutma yönteminde taze ürüne kıyasla istatistiksel açıdan (P<0,05) benzer bulunmuştur. a* değerleri istatistiksel açıdan (P<0,05) incelendiğinde, taze değerlerin gölgede kurutma yöntemi değerlerine göre benzer olduğu tespit edilmiştir. b* değerlerinde ise etüvde kurutma yönteminin tüm sıcaklıklarında, iklimlendirme kabiniinde yapılan kurutma işleminde ise 50°C %30 RH-70°C %30 RH 'de

tazeye kıyasla istatistiksel açıdan (P<0,05) bir farkın olmadığı tespit edilmiştir.

Kroma değerleri incelendiğinde tazeye kıyasla etüvde yapılan kurutma yöntemlerinin tüm sıcaklıklarında ve iklimlendirme kabiniinde 70°C %30 RH istatistiksel açıdan (P<0,05) bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklıklarının ve bağıl nemin kayısı çekirdeği örneklerinin kroma değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Toplam renk değişimi (ΔE) değerleri incelendiğinde en fazla renk değişimi iklimlendirme kabiniinde 50°C %30 RH' da belirlenirken en az ise etüvde 50 °C sıcaklıkta saptanmıştır. Nemli kurutma işlemi renk değişimini normal kurutma işlemlerine göre daha fazla artırıcı etki yaptığı tespit

edilmiştir. İklimlendirme kabininde yapılan denemede kurutma sıcaklığına ek olarak %30 RH nemin kullanılması kayısı çekirdeğini daha fazla kahverengileştirdiği saptanmıştır. Taze kayısı çekirdeğinin renk değerlerine istatistiksel açıdan en yakın iklimlendirme kabininde 70°C %30 RH ve etüvde 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Literatürde kayısı çekirdeğinin renk değerlerine kurutma yönteminin etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Fakat benzer materyaller üzerine yapılan çalışmalarda; Şahin ve Altuntaş (2018), çalışmalarında kuş iğdesi meyvesine ait çekirdeğin ortalama L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 36,81, 5,10 ve 3,63 olarak belirlemişlerdir. Kuş iğdesi meyvesine ait çekirdeğin parlaklık değeri kayısı çekirdeğinin parlaklık değerine yakın olduğu belirlenmiştir. Kuş iğdesinin a^* ve b^* renk pigmenti değerlerinin kayısı çekirdeklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Altuntaş ve Yıldız (2017), çalışmalarında büyük ve küçük boyutlu olarak sınıflandırdıkları çay tohumlarının renk değerlerini belirlemişlerdir. Büyük boyutlu çay tohumlarının ortalama L^* , a^* , b^* , kroma ve hue açısı değerlerini sırasıyla 49,94, 10,83, 20,35, 23,05 ve 61,98 olarak tespit etmişlerdir. Bununla beraber küçük boyutlu çay tohumlarına ait ortalama renk değerlerini ise sırasıyla 44,54, 13,99, 18,49, 23,19 ve 52,54 olarak belirlemişlerdir. Çay tohumlarına ait belirlenen renk değerleri kayısı çekirdekleriyle kıyaslandığında parlaklık ve a^* renk pigmentlerinin birbirlerine yakın olduğu bulunmuştur.

Matematiksel modelleme verileri

Kurutma işlemleri sırasında üründen uzaklaşan nem oranı değerleri Page, Yağcıoğlu ve Midilli-Küçük modellerinde işlenerek en iyi tahmin eden model belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3 incelendiğinde Page, Yağcıoğlu ve Midilli-Küçük kurutma modelleri R^2 değerleri yüksek çıkmıştır. Bu model eşitlikleri yapılan kurutma çalışması için uygun eşitlikler olduğu belirlenmiştir. Ancak bu eşitlikler arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük modeli (R^2 : 0,9999) tahmin etmiştir. Midilli-Küçük modeli etüvde kurutma yönteminde kuruma verilerini en iyi 70°C'de, iklimlendirme kabininde ise 50°C %30 RH-60°C %30 RH bağıl nemde modellemiştir.

Termo-fiziksel özellikler

Etüv, iklimlendirme kabini ve gölgede kurutulan kayısı çekirdeği örneklerinin ortalama özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyivite ve özgül kütle değerlerine sıcaklık değerlerinin etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Bununla beraber kurutma yöntemlerinin belirtilen termo-fiziksel özelliklere (özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyivite) etkisi 3D dağılım olarak Şekil 2'de verilmiştir.

Kurutma yöntemleri kayısı çekirdeğinin termo-fiziksel özelliklerini etkilemiştir. Kuruyan örneklerin son durumdaki termo-fiziksel özellikleri birbirlerine çok yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Yapılan kurutma işlemleri kayısı çekirdeği üzerindeki farklı kuruma karakteristikleri oluşturduğu için kuruma seyrince farklı değişiklikler meydana getirmiştir. Kurutulan örneklerin en yüksek özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyivite gölgede kurutma yönteminde elde edilirken, en yüksek özgül kütle değerleri 60°C ile etüvde kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Yagua ve ark. (2011), sıcak havalı bir fırında 120, 130 ve 140°C sıcaklıklarda kurutulan patates dilimlerinin özgül kütle değişiminin giderek azaldığı ve ortalama 1100-420 kg.m⁻³ arasında değiştiğini bulmuşlardır.

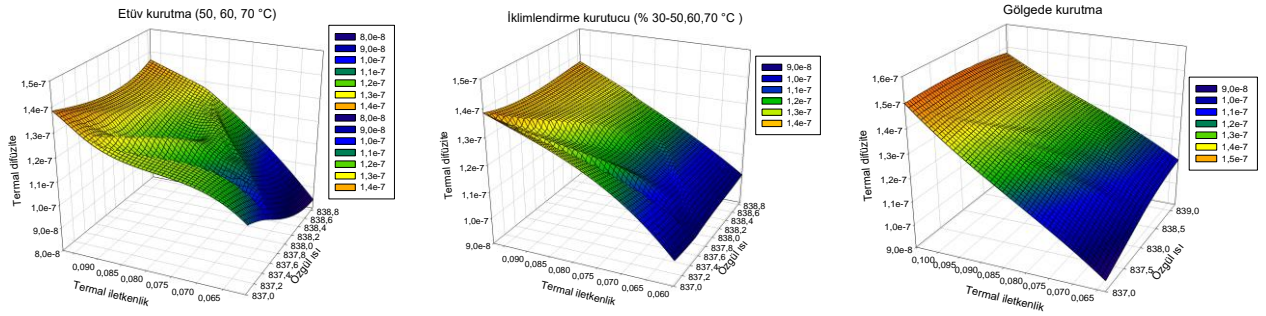
Çizelge 4. Kuruma modellerine ait veriler
Table 4. Data of the drying models

Kurutma Yöntemi	Model Eşitlikleri	Sıcaklık °C	R ²	p	k	h	j	m
Etüv	Page	50°C	0,9997	<0,0001	0,3760	0,6572	-	-
		60°C	0,9995	<0,0001	0,4170	0,6691	-	-
		70°C	0,9998	<0,0001	0,5460	0,6364	-	-
	Yağcıoğlu	50°C	0,9938	<0,0001	0,7419	0,4118	0,2277	-
		60°C	0,9931	<0,0001	0,7364	0,5094	0,2374	-
		70°C	0,9968	<0,0001	0,7207	0,8584	0,2689	-
	Midilli Küçük	50°C	0,9998	<0,0001	0,6205	1,0058	0,3789	-0,0039
		60°C	0,9997	<0,0001	0,6164	1,0083	0,4162	-0,0071
		70°C	0,9999	<0,0001	0,6685	1,0036	0,5653	0,0077
İklimlendirme Kabini	Page	50°C %30 RH	0,9998	<0,0001	2,4276	0,1545	-	-
		60°C %30 RH	0,9999	<0,0001	2,5561	0,1617	-	-
		70°C %30 RH	0,9925	<0,0001	0,5183	0,5947	-	-
	Yağcıoğlu	50°C %30 RH	0,9988	<0,0001	0,9536	5,7548	0,0542	-
		60°C %30 RH	0,9993	<0,0001	0,9527	5,9169	0,0492	-
		70°C %30 RH	0,9808	<0,0001	0,7103	0,6617	0,2543	-
	Midilli Küçük	50°C %30 RH	0,9999	<0,0001	0,0919	1,0078	2,3566	-0,0043
		60°C %30 RH	0,9999	<0,0001	0,0977	1,0019	2,4518	-0,0052
		70°C %30 RH	0,9552	<0,0001	0,3021	1,007	0,4238	-0,0582
Gölge	Page	-	0,9988	<0,0001	0,3851	0,4211	-	-
	Yağcıoğlu	-	0,9615	<0,0001	0,6606	0,2942	0,2706	-
	Midilli Küçük	-	0,9999	<0,0001	0,3321	1,0032	0,4036	-0,0044

Çizelge 5. Kurutulan kayısı çekirdeğinin termo-fiziksel değerleri

Table 5. Thermo-physical values of dried apricot kernels

Termofiziksel özellikler	Özgül ısı (J.kg.K ⁻¹)	Termal iletkenlik (W.m.K ⁻¹)	Termal difüzyivite (m ² .s ⁻¹)	Özgül kütle (kg.m ⁻³)
Etüv 50°C	Maks: 838,85	0,10	1,385×10 ⁻⁷	840,37
	Min: 837,00	0,06	1,017×10 ⁻⁷	727,49
	Ort: 837,96	0,08	1,177×10 ⁻⁷	773,69
Etüv 60°C	Maks: 838,65	0,09	1,316×10 ⁻⁷	840,77
	Min: 837,00	0,06	9,984×10 ⁻⁸	728,23
	Ort: 837,87	0,07	1,139×10 ⁻⁷	775,32
Etüv 70°C	Maks: 838,85	0,10	1,383×10 ⁻⁷	839,97
	Min: 837,00	0,06	1,033×10 ⁻⁷	731,53
	Ort: 837,93	0,08	1,175×10 ⁻⁷	773,53
İklimlendirme kabini 50 °C %30 RH	Maks: 838,85	0,10	1,385×10 ⁻⁷	840,56
	Min: 837,00	0,06	9,948×10 ⁻⁸	721,95
	Ort: 837,94	0,08	1,167×10 ⁻⁷	771,01
İklimlendirme kabini 60 °C %30 RH	Maks: 838,84	0,10	1,383×10 ⁻⁷	839,70
	Min: 837,00	0,06	9,898×10 ⁻⁸	720,74
	Ort: 837,91	0,08	1,160×10 ⁻⁷	769,21
İklimlendirme kabini 70 °C %30 RH	Maks: 838,85	0,10	1,385×10 ⁻⁷	840,49
	Min: 837,00	0,06	1,034×10 ⁻⁷	731,96
	Ort: 837,91	0,08	1,170×10 ⁻⁷	771,64
Gölge	Maks: 839,18	0,11	1,498×10 ⁻⁷	839,89
	Min: 837,00	0,06	1,041×10 ⁻⁷	725,40
	Ort: 837,17	0,08	1,261×10 ⁻⁷	776,80



Taşova ve Polatçı (2021), Şili biberini kurutmadan önce yapılan mikrodalga uygulama ve kaynamış suya bandırma ön işlemlerinin termo-fiziksel özellikleri nasıl etkilediğini incelemişler ve kurutulan örneklerin en yüksek özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyivite ve özgül kütle değerleri 3 dk mikrodalga ön işleminde tespit edilirken bandırma uygulamasında ise 5 dk kaynamış suda bekletilen örneklerde belirlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, kayısı çekirdeğine uygulanan farklı kurutma işlemlerinde kurutma sıcaklığı ve bağıl nemin kuruma süresi, modelleme, renk ve termo-fiziksel özelliklerine (özgül ısı, özgül kütle, termal iletkenlik ve termal difüzyivite) olan etkileri araştırılmıştır. Kuruma süreleri incelendiğinde en kısa kuruma süresi 4 saat ile etüvde 70°C kurutma sıcaklığında tespit edilmiştir. Matematiksel model verilerine göre Page, Yağcıoğlu ve Midilli-Küçük kurutma modelleri arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük modeli (R^2 : 0.9999) tahmin etmiştir. Midilli-Küçük modeli etüvde kurutma yönteminde kuruma verilerini en iyi 70 °C'de,

iklimlendirme kabininde ise 50°C %30 RH-60°C %30 RH bağıl nemde modellemiştir. Renk değerleri incelendiğinde taze kayısı çekirdeğinin renk değerlerine istatistiksel açıdan en yakın yöntem iklimlendirme kabininde 70°C %30 RH ve etüvde 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Termo-fiziksel özellikler de ise kurutulan örneklerin en yüksek özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyivite gölgede kurutma yönteminde elde edilirken, özgül kütle değerleri etüv 60°C de kurutulan örneklerde belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Adiletta G, Iannone G, Russo P, Patimo G, De Pasquale S, Di Matteo M. 2014."Moisture migration by magnetic resonance imaging during eggplant drying: A preliminary study". International Journal of Food Science and Technology, 49, 2602-2609.
- Alemrajabi AA, Rezaee F, Mirhosseini M, Esehaghbeygi A. Comparative evaluation of the effects of electrohydrodynamic, oven, and ambient air on carrot cylindrical slices during drying proces. Drying Technology, 2012, 30:88-96.

- Altuntaş E, Yıldız M. 2017. Some engineering properties of shelled and kernel tea (*Camellia sinensis*) seeds. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(4): 39-45.
- Anonim 2021. <https://www.tuik.gov.tr/>. (17 mart 2022)
- Çelen İH, Çelen S, Moralar A, Buluş HN, Önler E. 2015. Mikrodalga bantlı kurutucuda patatesin kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi. *Electronic Journal of Vocational Colleges- Special Issue: The Latest Trends in Engineering*, 5(4): 242- 287.
- Gül-Dikme T, Dikme R, Aslan H. 2020. Kayısı çekirdeğinin insan sağlığına etkisi. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, 8(1), 175-188.
- Huang SR, Yang JI, Lee YC. 2013. Interactions of heat and mass transfer in steam reheating of starchy foods. *Journal of Food Engineering*, 114: 174-182.
- İzli N. 2016. Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif yöntemleriyle kurutulması ve matematiksel modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg. /Anadolu J Agr Sci* 31, 375-384.
- Karaaslan SN, Erdem T. 2009. Semizotunun mikrodalga ile kuruma incelenmesi ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 01-03 Ekim, Isparta.
- Konuk D, Korel F. 2015. Kurutma sıcaklığının üzüm çekirdeklerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 404-407.
- Krokida MK, Kiranoudis CT, Maroulis ZB, Marinou Kouris D. 2000. "Effect of pretreatment on color of dehydrated products". *Drying Technology*, 18(6), 1239– 1250.
- Maskan M (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering* 44: 71-78.
- McGuire RG 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254 - 1255.
- Midilli A, Kucuk H, Yapar Z 2002. A new model for single later drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513.
- Mujumdar AS 2000. *Drying technology in agriculture and food sciences*. Science Publishers, Inc, USA.
- Özdoğan B, Şen F, Bilgin NA, Mısırlı A. Bazı sofralık kayısı çeşitlerinin depolanma sürecinde fiziksel ve biyokimyasal değişimlerinin belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1):23–30
- 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.
- Perusello C, Cocco V, Masson M, De Castilhos F. 2013. Determination of thermophysical properties of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) to be used in a finite element simulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 67: 1163–1169. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.09.004.
- Plou E, Lopez-Malo A, Barbosa-Canovas GV, Welti-Chanes J, Swanson BG. 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64, 42-45.
- Polatçı H, Taşova M, Saraçoğlu O. 2020. Armut (*Pirus communis* L.) posasının bazı kalite değerleri açısından uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 8-3, 540-546.
- Ramallo LA, Mascheroni RH. Quality evolution of pineapple fruit during drying process, *Food and Bioproducts Processing*, 2012, 99:275-283.
- Ruiz-Lopez II, Rodriquez-Jimenes GC, Garcia-Alvarado MA. 2004. Moisture and temperature evolution during food drying: effect of variable properties. *Journal of Food Engineering*, 63 (1): 117-124.
- Şahin G, Altuntaş E. 2018. Kuş iğdesi meyvesinin fiziko-mekanik, renk ve kimyasal özellikleri. *Journal of Gaziosmanpaşa Scientific Research*, 7(1): 1-11.
- Şevik S 2013. Design experimental investigation and analysis of a solar drying system. *Energy Conversion and Management*, 68:227-234.
- Taşova M, Polatçı H. 2021. Mikrodalga ve sıcak su ön işlemlerin şili (*Capsicum annuum*) biberinin kuruma modelleri, efektif difüzyon ve termo-fiziksel özelliklerine etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 17(3): 86-93.
- Tzempelikos DA, Mitrakos D, Vouros AP, Bardakas AV, Filios AE, Margaritis DP. 2015. Numerical modeling of heat and mass transfer during convective drying of cylindrical quince slices. *Journal of Food Engineering*, 156: 10-21.
- Veral E. 2019. Kesikli mikrodalga yöntemiyle şeftali ve nektarinin kurutulmasında kurutma parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisan Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Yagua CV, Moreira RG. 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering*, 104 (2): 272-283.
- Yağcıoğlu A 1999. *Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları No: 536. Bornova, İzmir.
- Zhang QA, Song Y, Wang X, Zhao WQ, Fan XH. 2016. Mathematical modeling of debittered apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernels during thin-layer drying. *cyta – journal of food*, 14(4), 509–517.