



The Effect of Drying Temperatures on Effective Diffusion-Activation Energy, Quality and Drying Kinetics of Rosehip Fruit of “Star” Type

Burcu Aksüt^{1,a,*}, Hakan Polatci^{2,b}

¹Department of Horticulture, Sustainable Agriculture Program, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, 60010 Tokat, Türkiye

²Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, 60010 Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Research Article</i> Received : 16/03/2022 Accepted : 02/06/2022 Keywords: Drying processes “Yıldız” rosehip variety Drying rate Phytochemical properties Convective	Rosehip fruit, which is widely and naturally grown in many European countries as well as in Rosehip fruit, which is widely used in Turkey as well as in European countries and grows naturally, is a very rich species in terms of vitamin C value. Due to its benefits to human health, its consumption is increasing and its use in different forms is becoming widespread. In this study, the colour, effective diffusion-activation energy, phytochemical properties and thin-layer drying patterns of rosehip fruit of the ‘Yıldız’ variety were investigated after drying in a convective dryer at different temperatures (40, 50, 60 and 70°C). In the study, it was determined that 70°C temperature was statistically more suitable in terms of measured and calculated colour values. It has been determined that the effective diffusion value is affected by the drying temperature and the increase in temperature also increases the effective diffusion value. It has been determined that the effective diffusion value varies between 1.35×10^{-7}-5.92×10^{-6} m²/sec. The activation energy value of dried rosehip samples was calculated as 69,41 kJ/mol. When the chemical analysis values were examined, when the SÇKM, total phenolic, total antioxidant substance and vitamin C values were evaluated together, it was found that the most appropriate drying temperature was 70°C statistically. Among all drying models, Midilli-Küçük and Yağcıoğlu models (R²: 0.9999) estimated the drying data best.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(7): 1237-1243, 2022

Kurutma Sıcaklıklarının “Yıldız” Çeşidi Kuşburnu Meyvesinin Efektif Difüzyon-Aktivasyon Enerjisi, Kalite ve Kuruma Kinetiğine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<i>Araştırma Makalesi</i> Geliş : 16/03/2022 Kabul : 02/06/2022 Anahtar Kelimeler: Kurutma işlemleri “Yıldız” kuşburnu çeşidi Kurutma hızı Fitokimyasal özellikler Konvektif	Avrupa ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de yaygın olarak kullanılan ve doğal olarak yetişmekte olan kuşburnu meyvesi, C vitamini değeri açısından oldukça zengin bir türdür. İnsan sağlığına faydasından dolayı giderek tüketimi artmakta ve farklı formlarda kullanımları yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, ‘Yıldız’ çeşidi kuşburnu meyvesinin farklı sıcaklıklarda (40, 50, 60 ve 70°C) konvektif bir kurutucuda kurutulduktan sonra renk, efektif difüzyon-aktivasyon enerjisi, fitokimyasal özellikleri ve ince tabakalı kuruma modelleri araştırılmıştır. Çalışma, ölçülen ve hesaplanan renk değerleri açısından 70°C sıcaklığın istatistiksel açıdan daha uygun olduğu belirlenmiştir. Efektif difüzyon değerinin kurutma sıcaklığından etkilendiği ve sıcaklığın artmasının efektif difüzyon değerini de artırdığı tespit edilmiştir. Efektif difüzyon değerinin $1,35 \times 10^{-7}$- $5,92 \times 10^{-6}$ m²/sn arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kurutulan kuşburnu örneklerinin aktivasyon enerjisi değeri ise 69,41 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kimyasal analiz değerleri incelendiğinde SÇKM, toplam fenolik, toplam antioksidan madde ve C vitamini değerleri birlikte değerlendirildiğinde en uygun kurutma sıcaklığının istatistiksel açıdan 70°C olduğu bulunmuştur. Tüm kurutma modeller arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük ve Yağcıoğlu modelleri (R²: 0,9999) tahmin etmiştir.

burcu.aksutt@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2732-5388> hakan.polatci@gop.edu.tr

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



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Tıbbi ve aromatik bitkilerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı bu bitkilere olan ilgi son zamanlarda daha fazla artmıştır. Üretimi ve ticari değeri her geçen gün artan tıbbi ve aromatik bitkilerden bir tanesi de kuşburnu meyvesidir. Kuşburnu (*Rosa canina*), Anadolu ve Orta Asya topraklarında yetişen *Rosaceae* familyasına ait kırmızımsı renkli bir meyvedir (Duru ve ark., 2011; Goztepe ve ark., 2022). Kuşburnu, gıda teknolojisi ve beslenme fizyolojisi açısından günümüzde önemli bir meyve durumuna gelmiştir. Almanya, Rusya, İsviçre, Polonya ve Finlandiya gibi birçok Avrupa ülkesinde ilaç ve gıda sanayinde önemli bir hammadde olarak kullanılmaktadır (Yamankaradeniz, 1983; Özdemir, 2018).

Kuşburnu taze olarak tüketilebilirken çay, meyve suyu, marmelat, reçel gibi farklı ürünlere işlenerek de kullanılabilir (Erentürk ve ark., 2005; Goztepe ve ark., 2022). İçerisinde başta C vitamini olmak üzere birçok vitamin, kalsiyum, potasyum ve pektin maddelerini bulunduran ve ayrıca fenolik bileşik ve uçucu yağ bakımından da zengin bir türdür (Medveckienė ve ark., 2020; Göztepe ve ark., 2022). Üretimi gittikçe artan kuşburnu meyvesinin yüksek nem içeriğinden dolayı uzun süre bozulmadan kullanılamamaktadır. Soğutma ve kontrollü atmosfer gibi mevcut depolama teknolojileri, tüm tedarik zinciri boyunca sisteminin çalışması için gerekli enerji miktarı yüksektir. Bu nedenle hem hasat sonrası kayıpları azaltacak hem de depolama ve nakliye kolaylık sağlayacak daha ekonomik bir yöntem kullanılmalıdır. Bu yöntemlerden biri tarımsal ürünlerin kurutulması işlemidir (Hasan ve ark., 2019).

Kurutma işlemi; nem içeriği yüksek olan ürünlerin bozulmadan uzun süre kalabilmesi için mevcut nemin büyük bir kısmını uzaklaştırarak tarımsal ürünün su aktivite değerinin düşürülüp küf, mantar ve maya gibi mikrobik canlıların oluşmasının engellendiği ve aynı zamanda ürün içerisinde gerçekleşen bir ısı-kütle transfer olayıdır (Taşova ve ark., 2019). Kurutma sırasında ısı ve kütle transferi sebebiyle son ürünün aroma, besin değeri ve renk gibi kalite özelliklerini etkileyen birçok kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel değişiklikler oluşmaktadır (Di Scala ve Crapiste, 2008; Vega-Galvez ve ark., 2009; Yıldız-Turgut ve Topuz, 2020). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında birçok kurutma yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı tarımsal ürünleri güneşe sererek kurutma yöntemidir. Bu yöntem maliyeti düşük ve kolay bir kurutma yöntemi olsa da olumsuz çevre koşulları, sıcaklık değerinin ayarlanamaması ve kontrollü bir kurutma işlemi olmadığı için bu yöntem alternatif yöntemler geliştirilmiştir.

Bu geliştirilen yöntemler arasında etüv, mikrodalga, vakum, dondurarak ve sıcak hava (konvektif) kurutma kullanılan en yaygın kurutma yöntemleridir (Krokida ve Maroulis, 2000; Marques ve ark., 2006; Sagar ve Kumar, 2010; Yıldız-Turgut ve Topuz, 2020). Bu yöntemlerin kendi aralarında avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar vardır. Ürünler üzerindeki etkileri çalışma koşulları ve kurutucu sıcaklığı gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Yaygın olarak kullanımıyla birlikte büyük miktarlarda ve hızlı ürün kurutma yeteneğinin yanısıra pratik kullanımından dolayı sıcak havalı kurutucular popülerdir.

Bu çalışmada; 40, 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda konvektif bir kurutucu ile bir kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma materyali olarak ülkemizde tescilli olan ‘Yıldız’ kuşburnu çeşidinin optimal hasat dönemindeki meyveleri kullanılmıştır. Farklı sıcaklık değerlerinin ürünün kuruma süresi, kuruma oranı, kuruma hızı, modelleme, renk ve efektif difüzyon-aktivasyon enerji değerleri ile fitokimyasal özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kurutulacak Ürün

Çalışma materyali olarak tıbbi ve aromatik bir bitki olan kuşburnu meyvesi kullanılmıştır. Tokat ilinde yerel üretici bahçesinden elle hasat edilen meyveler saklama kapları içerisinde Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği kurutma laboratuvarına getirilmiştir. Ürünler kurutma işlemleri sonlanana kadar ürünler $+4 \pm 0,5^\circ\text{C}$ sıcaklığa sahip buzdolabında saklanmıştır. Çalışmada kullanılan taze kuşburnu meyveleri Şekil 1’de verilmiştir.

Nem Tayini İşlemi

Kurutma işlemi öncesinde taze kuşburnunun yaş baza göre ilk nem içeriğinin belirlenmesi için ortalama $110 \pm 1\text{g}$ örnek kullanılmıştır. Nem tayini işlemi sabit 70°C sıcaklıktaki bir etüvde ağırlık değişimi sabitlenene kadar kurutulmuştur (Yağcıoğlu, 1999). Yaş ve kuru baza göre nem içeriği değerleri 1 ve 2 numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

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

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

Burada;

Ny: Yaş baza göre nem (%)

Nk: Kuru baza göre nem (%)

Wi: Yaş örneğin ağırlığı (g)

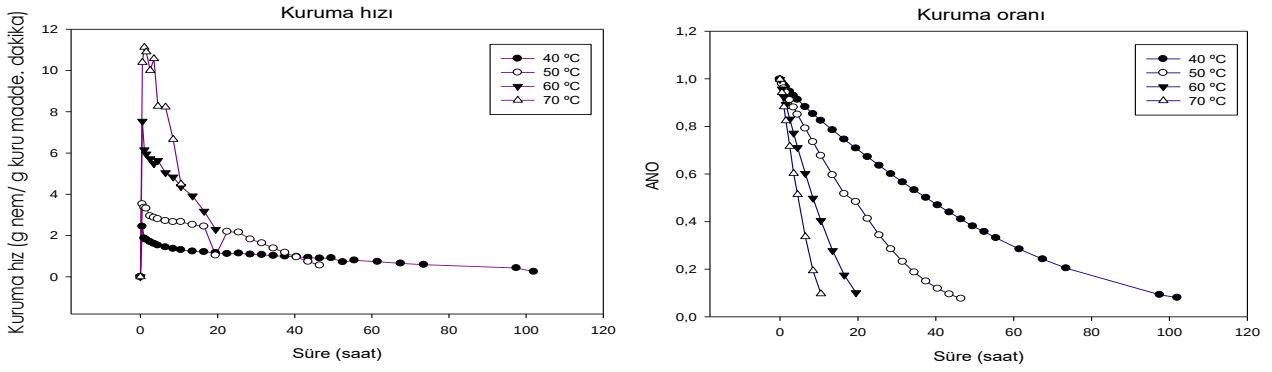
Ws: Kuru örneğin ağırlığı (g).

Kurutma Yöntemi

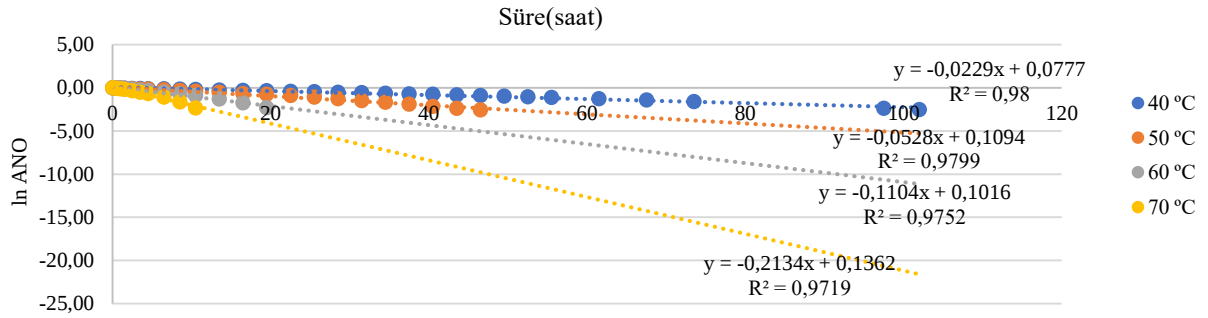
Kuşburnu meyveleri bütün olarak ve boyutları benzer olacak şekilde seçilmiştir. Daha sonra konvektif kurutucuda 40, 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kurutma işlemleri üçer paralel şeklinde yapılarak her paralelde ortalama $129 \pm 1\text{ g}$ arasında materyal kullanılmıştır. Kurutma işlemi sırasında ürünler belirli süre aralıklarında kurutuculardan çıkartılıp %1 g hassasiyete sahip bir terazi ile tartılarak ürün nemi yaş baza göre %10-13 seviyesine kadar kurutulmuştur.



Şekil 1. “Yıldız” çeşidi taze kuşburnu meyveleri
Figure 1. Fresh rosehip berries of the “Star” variety



Şekil 2. Kuşburnu örneklerine ait kuruma hızı ve kuruma oranı eğrileri
Figure 2. Drying rate and drying rate curves of rosehip samples



Şekil 3. ln ANO değerleri
Figure 3. ln ANO values

Renk Ölçümü

Renk, gıda ve tarımsal ürünlerinin en önemli kalite değerlerini bir kriterdir. Ürünlerde meydana gelen enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlardan kaynaklı renk değişimindeki olumsuzluklar, ticari değerini önemli ölçüde etkilemektedir (Krokida ve ark., 2000; Adiletta ve ark., 2014; Polatçı ve ark., 2020). Taze ve kurutulmuş kuşburnu örneklerinin 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” meyvenin parlaklık değerini ifade ederken 0-100 arasında değerler almaktadır. “a” kırmızı-yeşil ve “b” ise sarı-mavi renkleri temsil etmektedir. Bu değerler (+) işaretli olursa “a” kırmızıyı “b” sarı renkte olduğunu (-) işaretli değerler alırsa “a” yeşil ve “b” mavi renkte olduğunu göstermektedir (McGuire, 1992).

Kroma değeri, rengin doygunluğunu göstermektedir. Canlı renklerde yüksek değerler hesaplanırken solgun renklerde düşük değerler hesaplanmaktadır. Kroma değeri 3 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

Hue değeri, ölçülen kırmızılık ve sarılık değerleri kullanılarak hesaplanan bir renk radyantını ifade etmektedir. Hue değeri 4 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

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

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

Toplam renk değişim değeri (ΔE), Taze kuşburnunun renk değerlerini kurutma işlemleriyle ne kadar değiştiğini belirlemektir. Toplam renk değişim değerini 8 numaralı eşitlik 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), Kuşburnu kurutma işlemi sonunda gerçekleşen kahverengilik değerini belirtmektedir. Kahverengileşme indeksi 9 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Plou ve ark., 1999).

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

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

Efektif Difüzyon ve Aktivasyon Enerji Değerlerinin Belirlenmesi

Kurutma işlemlerinde ürünlerden nemin uzaklaşması Fick yasasının ikinci kanunu ile açıklanmaktadır. Bu kanun süreye bağlı olarak uzaklaşan nemin birim zamanda yayılan alan miktarını belirtmektedir. Efektif difüzyon değeri hesaplanırken ürün doku yapısının korunduğu ve nemin sadece difüzyon yolu ile ortamdan uzaklaştığı

varsayımı kabul edilmektedir. Bu değer 12 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Crank, 1979; Türker ve İşleröğlu, 2017).

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[(2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4 L^2} \right] \quad (11)$$

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4 L^2} \quad (12)$$

Burada;

D_{eff} : efektif difüzyon değerini (m^2/s)

L: ürünün dilim kalınlığının (m) yarısını ifade etmektedir.

t: ise ürünün kuruma süresini (s) göstermektedir.

Aktivasyon enerjisi ürünün efektif difüzyon değerinin sıcaklığa bağlı değişimi Arrhenius eşitliğinde kullanılarak hesaplanmıştır (Karel ve Saguy, 1991). Bu fonksiyon 13 numaralı eşitlikte verilmiştir.

$$D_{eff} = D_0 \exp \left(- \frac{E_a}{RT} \right) \quad (13)$$

Burda;

D_0 : değeri difüzyon katsayısını (m^2/s)

R: değeri gaz sabitini ($8.3143 \text{ kJ/mol}^\circ\text{K}$)

E_a : aktivasyon enerjisi değerini (kJ/mol)

T: (Kelvin°) ise kurutma havası sıcaklığını ifade etmektedir.

Kurutma Modeli

Kurutulan kuşburnu örneklerinin süreye bağlı olarak ayrılan nem oranı değeri 14 numarada verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (14)$$

ANO: Ayrılabilir nem oranı

M: Kurutulan materyalin anlık nem içeriği (g nem/g kurumadde)

M_e : Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi (g nem/g kurumadde)

M_0 : Kurutulan materyalin ilk nem içeriği (g nem/g kurumadde)

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

Kuruma Hızı

Kuşburnu örneklerinin kuruma hız değerlerine sıcaklıkların etkisi belirlenmiştir. Kuruma hız değerlerinin hesaplamak için 15 numaralı eşitlik kullanılmıştır.

$$KH = M_t - M_{t+dt} / dt \quad (15)$$

Burada;

M_t : t anındaki nem içeriği ($\text{g nem/g kuru madde}^{-1}$)

Dt: dakika

KH: Kuruma hızı ($\text{g nem/g kuru madde. dakika}^{-1}$).

Kimyasal Analizler

Farklı koşullarında kurutulan ürünlerin kalite değerleri için suda çözünabilir kuru madde miktarı (S.Ç.K.M.), toplam fenol (T.P.), toplam antioksidan kapasitesi (T.A.K.) ve askorbik asit (C vitamini) gibi kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM)

Hasat edildikten sonra mutfak robotu yardımıyla püre haline getirilen örnekler homojen hale getirildikten sonra santrifüj makinasına konularak meyve suları çıkarılmıştır. Meyve suyu çıkarılan örneklerin ilk damlaları saf su baz alınarak kalibre edilmiş ve el refraktometresi (0-53 ölçekli, Refractometer PAL-1) üzerine konularak sonuçlar ‘%’ hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

Toplam Fenolik Tayini

Toplam fenolik madde miktarı Singleton ve Rossi (1965) de tarif edildiği üzere Folin-Ciocalteu’s kimyasalı kullanılarak yapılmıştır. Homojenize edilmiş örneklerden 0,05 g a duyarlı dijital teraziyle 2 g tartılmış ve üzerine 18 ml aseton buffer (aseton %70- su %29,5- asetik asit %0,5) çözeltisi ilave edilerek 2 saat oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. 0,5 ml örnek, 0,5 ml Folin-Ciocalteu kimyasalı, 9 ml saf su eklendi ve 8 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 2,5 ml tuz (%7 lik sodiumcarbonate) ilave edilmiş, 2 saat sonra mavi renk oluşturan çözeltinin spektrofotometrede 750 nm dalga boyunda okuması yapılmıştır. Sonuçlar gallik asit cinsinden hesaplanmıştır (Saracoglu, 2018).

Çizelge 1. Kurutma model eşitlikleri

Table 1. Drying model equations

No	Model ismi	Eşitlik	İlgili kaynak
1	Page	$ANO = \exp(-k \cdot (t^{*h}))$	Page (1949)
2	Yağcıoğlu	$ANO = k \cdot \exp(-h \cdot t) + j$	Yağcıoğlu (1999)
3	Modified Page	$ANO = \exp(-(k \cdot t^{*h}))$	Overhults et al. (1973)
4	Midilli-Küçük	$ANO = h \cdot \exp(-j \cdot t^k) + (m \cdot t)$	Midilli ve ark (2002)

Çizelge 2. Kuşburnu örneklerine ait ölçülen ve hesaplanan renk değerleri

Table 2. Measured and calculated color values of rosehip samples

	L	a	b	C	Hue	ΔE	BI
Taze	46,19±1,02 ^a	30,44±1,68 ^a	15,63±1,10 ^b	34,24±1,47 ^a	27,21±2,29 ^b	-	-
40°C	36,37±1,16 ^b	15,26±2,97 ^e	2,65 ± 1,46 ^d	15,52±3,18 ^d	9,23±3,39 ^d	26,15±0,66 ^c	35,86±8,77 ^d
50°C	31,47±1,10 ^d	18,20±3,23 ^d	2,86 ± 1,68 ^d	18,45±3,41 ^c	8,11±4,20 ^d	22,80±1,13 ^d	47,54±22,20 ^c
60°C	27,56±1,28 ^e	20,48±2,20 ^c	7,22 ± 1,51 ^c	21,73±2,45 ^b	19,30±2,77 ^c	22,21±1,77 ^d	79,56±9,79 ^b
70°C	34,11±1,49 ^c	27,43±1,61 ^b	17,87±2,61 ^a	32,80±2,15 ^a	32,98±3,84 ^a	35,66±2,07 ^a	126,30±12,31 ^a

* Ortalama değerler (P<0,05) önem seviyesine göre kıyaslanmıştır,

Çizelge 3. Efektif difüzyon ve aktivasyon enerji değerleri

Table 3. Effective diffusion and activation energy values

Kurutma sıcaklıkları	Efektif difüzyon (m ² /s)	Aktivasyon enerji (kJ/mol)
40°C	1,35×10 ⁻⁷	
50°C	1,46×10 ⁻⁶	
60°C	3,06×10 ⁻⁶	69,41
70°C	5,92×10 ⁻⁶	

Çizelge 4. Modelleme eşitliklerine ait hesaplanan değerler

Table 4. Calculated values of modeling equations

Kurutma Yöntemi	Model Eşitlikleri	Sıcaklık (°C)	R ²	p	k	h	j	m
Konvektif kurutucu	Midilli Küçük	40°C	0,9998	<0,0001	1,0584	0,9861	0,0134	-0,0009
		50°C	0,9996	<0,0001	1,0865	0,9898	0,0265	-0,0025
		60°C	0,9999	<0,0001	1,0793	0,9905	0,0562	-0,0078
		70°C	0,9999	<0,0001	1,1364	0,9951	0,1029	-0,0126
	Yağcıoğlu	40°C	0,9998	<0,0001	1,2169	0,0139	-0,2252	-
		50°C	0,9996	<0,0001	1,3226	0,0268	-0,3243	-
		60°C	0,9999	<0,0001	1,4866	0,0482	-0,4894	-
		70°C	0,9997	<0,0001	1,5505	0,0857	-0,5439	-
	Page	40°C	0,9986	<0,0001	0,0126	1,1152	-	-
		50°C	0,9984	<0,0001	0,0232	1,1981	-	-
		60°C	0,9983	<0,0001	0,0555	1,2096	-	-
		70°C	0,9987	<0,0001	0,1046	1,2735	-	-
	Modified Page	40°C	0,9986	<0,0001	0,0198	1,1152	-	-
		50°C	0,9984	<0,0001	0,0433	1,1981	-	-
		60°C	0,9983	<0,0001	0,0916	1,2096	-	-
		70°C	0,9987	<0,0001	0,1698	1,2735	-	-

Çizelge 5. Kuşburnu meyvesine ait kimyasal analiz değerleri

Table 5. Chemical analysis values of rosehip fruit

Kurutma Yöntemi	SÇKM	Toplam Fenol	Antioksidan	C vitamini
Taze	25,00±1,73 ^b	12711,13±1354,93 ^{bc}	115,57±5,30 ^d	1045±148,49 ^a
40 C	64,00±3,61 ^a	24089,47±398,70 ^a	188,57±17,69 ^c	1080±70,71 ^a
50 C	62,33±1,15 ^a	25219,47±1233,47 ^a	246,08±12,17 ^b	975 ±148,49 ^a
60 C	60,00±1,00 ^a	11569,47±1319,64 ^c	249,16±3,49 ^a	950 ± 56,57 ^a
70 C	61,33±2,52 ^a	13752,80±1043,13 ^b	263,48±3,97 ^{ab}	1120± 0,00 ^a

*Ortalama değerler (P<0,05) önem seviyesine göre kıyaslanmıştır,

Toplam Antioksidan Kapasitesi (TEAK)

TEAC analizi için (Özgen ve ark., 2006) 7 nm ABTS (2,2'-Azino-bis 3- ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 2,45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu solüsyon 20 mM sodyum asetat (pH4.5) bafırı ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0,700±0,01 absorbans olacak şekilde sadeleştirilmiştir. Nihayetinde 20 µL ekstrakt 2.98 mL hazırlanan bakır karıştırılarak absorbance 10 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10-100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak µmol Trolox eşdeğeri/g yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır (Gündüz ve Saracoglu, 2012).

Askorbik Asit (C Vitamini) Analizi

Vitamin C içeriği, yeterince meyve suyu örneğine batırılan askorbik asit kiti reflektometre (Merck RQflex plus 10) vasıtasıyla mg /100 g olarak belirlenecektir.

İstatistiksel Analiz

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

Araştırma Bulgular ve Tartışma

Kuruma Verileri

Kurutma materyali olan kuşburnu meyvesinin ortalama nem içeriği yaş baza göre %60,14±1 olduğu tespit edilmiştir. Kurutma işlemlerinde ürünün nem içeriği yaş baza göre %10-13 aralığına kadar kurutulmuştur. Çalışmada konvektif bir kurutucuda 40, 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemlerinde kurutma sıcaklığının artmasıyla kuruma hızının arttığı tespit edilmiştir. En kısa kuruma süresi 70°C sıcaklıkta yapılan denemede 10,5 saat olarak bulunmuştur. En uzun kuruma süresi ise 40°C sıcaklıkta 102 saat olarak belirlenmiştir. Taşova ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada, Gerçekcioğlu kuşburnu çeşidine mikrodalga ve konvektif kurutucularda kurutma işlemi uygulamışlardır. Meyvenin toplam nem içeriğini %68,31 olarak belirlemişlerdir. Denemede kullanılan 'Yıldız' kuşburnu çeşidinin nem içeriği 'Gerçekcioğlu' kuşburnu çeşidine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Taşova ve Ergüneş (2018), kuşburnu meyvelerinin kuruma sürelerini 50, 60 ve 70°C sıcaklıklar için sırasıyla 16,5-7,5 ve 7 olarak tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmadaki kuruma süresi ile birbirinden farklı olması Taşova ve Ergüneş (2018), çalışmasında kuşburnu örneklerini dilimleyerek kuruttuklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Renk Değerleri

Taze ve kurutulmuş kuşburnunun parlaklık (L), kırmızılık (a), sarılık (b), kroma (C), hue açısı, toplam renk değişimi (ΔE) ve kahverengileşme indeksi (BI) Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre L, a ve b değerleri incelendiğinde tazeye kıyasla istatistiki açıdan ($P<0,05$) farklı bulunmuştur. 60°C sıcaklıkta yapılan denemenin en fazla parlaklığın kaybedildiği sıcaklık olarak tespit edilmiştir. Kuşburnu için önemli olan kırmızılık (a) değerlerine bakıldığında sıcaklık artışının ürünün kırmızılık rengini daha iyi koruduğu tespit edilmiştir. Taşova ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada kuşburnu meyvesine 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutma işlemi yapmışlar ve a değerinde en iyi sonucu 60°C sıcaklıkta yaptığı denemede 15,76 olarak bulmuşlardır. Kroma değeri incelendiğinde tazeye en yakın 70°C sıcaklıkta yapılan deneme olduğu istatistiki açıdan ($P<0,05$) tespit edilmiştir. Hue değerleri tazeye kıyasla istatistiki açıdan farklı bulunmuştur. Ancak sıcaklık değerleri kendi aralarında kıyaslandığında 40°C ve 50°C sıcaklıklar istatistiki açıdan ($P<0,05$) aynı olduğu bulunmuştur. Toplam renk değişimi ve düşük BI (kahverengileşme indeksi) değerleri incelendiğinde ise en fazla renk değişimi ve en yüksek kahverengileşme 70°C sıcaklıkta yapılan deneme ile belirlenmiştir. Sonuçlara göre hesaplanan ve ölçülen parlaklık renk değerleri açısından 70°C sıcaklıkta yapılan kurutmanın istatistiksel ($P<0,05$) açıdan daha uygun olduğu belirlenmiştir. Zielinska (2019) yaptığı çalışmada konvektif kurutma ile 60-90°C’de kuruttuğu kıvılcık meyvesinde toplam renk değişiminin en fazla 60°C sıcaklıkta olduğunu bulunmuştur.

Kurutma Parametrelerine Ait Değerler

Şekil 2’e göre kurutma sıcaklıklarının kuruma hız değerlerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla kuruma hızının da arttığı tespit edilmiştir. Kuruma süresi en hızlı olan yöntem 70°C’de yapılan kurutma işleminde gerçekleşmiştir. Kuruma hızı değerleri 4,50-10,39 g nem/ g kuru madde dakika arasında değiştiği tespit edilmiştir. Taşova ve Güzel (2020), yaptıkları mantar kurutma çalışmasında kuruma hızına sıcaklık değerinin önemli ölçüde etkili olduğunu ilk üç saat boyunca örneklerin kuruma hızlarının belirgin bir şekilde hızla azaldığı ve daha sonra kuruma hızının yavaşlayarak düştüğünü belirlemişlerdir. Bu durum yapılan çalışmada elde edilen bulgularla benzer olduğu tespit edilmiştir.

Efektif Difüzyon ve Aktivasyon Enerji Değerleri

Kurutulan kuşburnu örneklerine ait süreye bağlı ln ANO değerleri şekil 3’te verilmiştir.

Kurutma sıcaklıklarının efektif difüzyon ve aktivasyon enerji parametrelerine etkisi Çizelge 3’de verilmiştir.

Yapılan kurutma işlemleri sonucunda hesaplanan efektif difüzyon değerleri Çizelge 2 ‘de verilmiştir. Çizelgeye göre Efektif difüzyon değerinin kurutma sıcaklığından etkilendiği ve sıcaklığın artmasının efektif difüzyon değerini de artırdığı tespit edilmiştir. 40, 50, 60, 70°C sıcaklıklarda kurutulmuş kuşburnunun sıcaklık değerlerine göre sırasıyla $1,35 \times 10^{-7}$, $1,46 \times 10^{-6}$, $3,06 \times 10^{-6}$ ve $5,92 \times 10^{-6}$ m²/s olarak bulunmuştur. Taşova ve Ergünes (2018), yaptıkları denemede konvektif kurutucu kullanarak kuşburnu meyvesini 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Kurutma denemesi sonucunda kurutma

sıcaklıklarının efektif difüzyon değerleri etkilediği ve sıcaklık arttıkça efektif difüzyon değerinin de arttığını belirtmişlerdir. Kurutulan kuşburnu örneklerinin aktivasyon enerji değeri ise 69,41 kJ/mol olarak hesaplanmıştır.

Matematiksel Modelleme Verileri

Kurutulan kuşburnu örneklerine ait matematiksel modelleme değerleri çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4’e göre Yağcıoğlu ve Midilli-Küçük modeli kuruma verilerini en iyi 60°C’de modellemiştir. Page ve Modified Page modelleri kuruma verilerini en iyi 70°C’de modellemiştir. Tüm kurutma modeller arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük ve Yağcıoğlu modelleri (R^2 : 0,9999) tahmin etmiştir.

Kimyasal Analiz Verileri

Taze ve kuru formdaki kuşburnu örneklerinin SÇKM, toplam fenol, toplam antioksidan ve C vitamini analiz değerleri Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5’e göre, kurutulan kuşburnu meyvesi için belirlenen S.Ç.K.M, toplam fenolik ve antioksidan taze örnekler ile istatistiki açıdan ($P<0,05$) kıyaslandığında farklı bulunurken, C vitamini değerleri istatistiki açıdan ($P<0,05$) tazeye kıyasla benzer bulunmuştur. SÇKM değerleri incelendiğinde diğer kurutma yöntemleri kendi aralarında benzer bulunmuştur. Toplam fenol değerinde ise istatistiki açıdan tazeye kıyasla 60 ve 70°C sıcaklıkta yapılan denemelerin yakın olduğu tespit edilmiştir. Parametreler birlikte değerlendirildiğinde istatistiki açıdan ($P<0,05$) en uygun 70°C olduğu görülmüştür. Bicer ve Kar (2013), Farklı sıcaklıklarda yaptığı kurutma işleminin kuruma süresi, renk değişimi ve C vitamini içeriğine etkisini araştırmışlardır. Kurutma sıcaklıklarının C vitamini içeriğini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen C vitamini değerleriyle istatistiki açıdan benzer olduğu bulunmuştur. Taşova ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada, ‘Gerçekcioğlu’ kuşburnu çeşidi meyvesini kurutarak C vitamini ve renk kriterleri açısından en uygun kurutma şartının belirlenmesini amaçlamışlardır. C vitamini değerleri açısından en uygun kurutma sıcaklığının 70°C olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada istatistiki açıdan ($P<0,05$) en uygun C vitamini değerlerinin bakıldığında 70°C sıcaklıkta tespit edilmesi noktasında benzerdir.

Sonuç

Kuşburnu meyvesi, besin değerleri ve biyokimyasal özellikleri açısından insan sağlığına faydalı tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Kuşburnu içecek yapımında, kuru meyve olarak ve birçok gıda formlarına dönüştürülerek kullanılmaktadır. Bu çalışmada “Yıldız” çeşidi kuşburnu meyvesini konvektif bir kurutucuda 40, 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kurutma sıcaklıklarının renk, efektif difüzyon-aktivasyon enerjisi, fitokimyasal özellikleri ve ince tabakalı kuruma modelleri araştırılmıştır. Çalışma, ölçülen ve hesaplanan renk değerleri açısından 70°C sıcaklığın istatistiksel ($P<0,05$) açıdan daha uygun olduğu belirlenmiştir. Efektif difüzyon değerinin kurutma sıcaklığından etkilendiği ve sıcaklığın artmasının efektif difüzyon değerini de artırdığı tespit edilmiştir. Efektif difüzyon değerinin $1,35 \times 10^{-7}$ - $5,92 \times 10^{-6}$ m²/sn arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kurutulan kuşburnu örneklerinin aktivasyon enerji değeri ise 69,41

kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kimyasal analiz değerleri incelendiğinde SÇKM, toplam fenolik, toplam antioksidan madde ve C vitamini değerleri birlikte değerlendirildiğinde en uygun kurutma sıcaklığının istatistiksel açıdan ($P<0,05$) 70°C olduğu bulunmuştur. Tüm kurutma modeller arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük ve Yağcıoğlu modelleri (R^2 : 0,9999) tahmin ettiği belirlenmiştir. Bu çalışmada incelenen parametreler açısından Yıldız çeşidi kuşburnu meyvesinin 70°C sıcaklıkta kurutulması önerilmektedir.

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.
- Bicer A, Kar F. 2013. Experimental investigation of drying behavior of rosehip in a cyclone-type dryer. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 7(6): 2013.
- Cemeroğlu B. 2007. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Yayınları, 682 s, Ankara.
- Crank J. 1979. *The mathematics of diffusion*. Oxford university press, London.
- 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.
- Di Scala KC, Crapiste, GH. 2008. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT Food Science and Technology*, 41(5): 789-795.
- Duru N, Karadeniz F, Erge HS. 2011. Changes in bioactive compounds, antioxidant activity and HMF formation in rosehip nectars during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 2899-2907.
- Erenturk S, Gulaboglu MS, Gultekin S. 2005. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *Journal of Food Engineering*, 68(4).
- Goztepe B, Kayacan S, Bozkurt F, Tomas M, Sagdic O. 2022. Drying kinetics, total bioactive compounds, antioxidant activity, phenolic profile, lycopene and β -carotene content and color quality of Rosehip dehydrated by different methods. *LWT- Food Science and Technology* 153: 112476.
- Gündüz K, Saracoglu O. 2012. Variation in total phenolic content and antioxidant activity of *Prunus cerasifera* Ehrh. selections from Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, Volume 134: 88-92.
- Hasan MU, Malik AU, Ali S, İmtiaz A. 2019. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review. *J Food Process Preserv*. 2019, 43:14280.
- Karel M, Saguy I. 1991. Effects of water on diffusion in foodsystems. in: *Water Relationships in Foods*. Editor Harry Levine and Louise Slade. Publ. by Springer Science Business Media. 157-173.
- Krokida M, Maroulis Z. 2000. Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, 4(2): 61-68.
- Krokida MK, Kiranoudis CT, Maroulis ZB, Marinos Kouris D. 2000. "Effect of pre-treatment on color of dehydrated products". *Drying Technology*, 18(6): 1239- 1250.
- Marques LG, Silveira AM, Freire JT. 2006. Freeze- Drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, 24: 457-463.
- McGuire RG. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254 - 1255.
- Medveckiene B, Kulaitiene J, Jariene E, Vaitkevičienė N, Hallman E. 2020. - Carotenoids, polyphenols, and ascorbic acid in organic rosehips (*Rosa* spp.) cultivated in Lithuania. *Applied Sciences*, 10(15): 5337.
- Midilli A, Kucuk H, Yapar Z. 2002. A new model for single later drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513.
- Overhults DD, White GM, Hamilton ME, Ross IJ. 1973. Drying soybeans with heated air. *Transactions of the ASAE*, 16: 195-200.
- Özdemir S. 2018. Fermente sucuk üretiminde kereviz ve kuşburnu tozları kullanılarak sentetik nitrit miktarının azaltılabilme imkânlarının yanıt yüzey yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.
- Page G. 1949. Factors influencing the maximum rates of air-drying shelled corn in thin layer. Master's Thesis, Institute of science, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.
- 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.
- Sagar VR, Kumar PS. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1): 15-26.
- Saracoglu O. 2018. Phytochemical accumulation of anthocyanin rich mulberry (*Morus laevigata*) during ripening. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12:2158-2163.
- Singleton VL, Rossi JL. 1965. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158.
- Taşova M, Ergüneş G, Gerçekcioğlu R, Karagül Ş. 2019. Konvektif ve mikrodalga yöntemlerle kurutulan kuşburnu (*RosamontanaChaixsubsp. woronovii* (Lonacz) Ö. Nilsson) meyvelerinde kalite değişimleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34: 1308-8769.
- Taşova M, Ergüneş G. 2018. Kabin kurutucuda kurutulan kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesinin kuruma performansı, efektif difüzyon ve aktivasyon enerjisi değerlerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi* 7(1):75-82.
- Taşova M, Güzel M. 2020. The Effect of Drying Temperatures on Rehydration, Model, Drying Performance and Surface Area Values of Mushroom (*Agaricus bisporus* L.). *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(1): 74-84.
- Türker İ, İşleroğlu H. 2017. Mahlep püresinin kızılötesi ısıtım ile kurutulması işleminde antosiyanin, fenolik madde ve antioksidan kapasite değişim kinetiği. *Gıda Dergisi*, 42(4): 422-430.
- Vega-Gálvez A, Di Scala K, Rodríguez K, Lemus-Mondaca R, Miranda M, López J, PerezWon M. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. *Hungarian*). *Food Chemistry*, 117(4): 647-653.
- Yağcıoğlu A. 1999. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları No: 536. Bornova, İzmir.
- Yamankaradeniz R. 1983. Kuşburnu Değerlendirme Olanakları. *Gıda*, 4:157-162.
- Yıldız-Turgut D, Topuz A. 2020. Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 30(1).
- Zielinska M, Zielinska D. 2019. Effects of freezing, convective and microwavevacuum drying on the content of bioactive compounds and color of cranberries. *LWT - Food Science and Technology*, 104(2019): 202-209.