

## **Kabin kurutucuda kurutulan kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesinin kuruma performansı, efektif difüzyon ve aktivasyon enerjisi değerlerinin belirlenmesi**

**Gazanfer ERGÜNEŞ<sup>1</sup>, Muhammed TAŞOVA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, TOKAT

Alınış tarihi: 24 Kasım 2017, Kabul tarihi: 05 Mart 2018

Sorumlu yazar: Muhammed TAŞOVA, e-posta:muhammed.tasova@gop.edu.tr

### **Öz**

Türkiye 'de önemli bir üretim potansiyeline sahip olan kuşburnu meyvesi (*Rosa canina* L.) kurutulularak alternatif şekillerde tüketilmektedir. Bu çalışmada kabin tip bir konvektif kurutucu kullanılarak 50, 60 ve 70°C kurutma havası sıcaklıklarında kurutulmuştur. Ürün nemi yaş baza göre % 10-15 seviyesine kadar kurutulan kuşburnu meyvesinin kuruma performansı, en uygun ince tabakalı matematiksel kuruma modeli, efektif difüzyon ( $D_{eff}$ ) ve aktivasyon enerji değerleri belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklık değerlerine göre belirlenen ortalama kuruma süreleri sırasıyla 16.5, 7.5 ve 7 saat olarak belirlenmiştir. Kuşburnu meyvesinin ince tabakalı kuruma modellerini oluşturmak için literatürde yaygın olarak kullanılan Midilli-Küçük, Page ve Yağcıoğlu modelleri seçilmiştir. Oluşturulan kuruma modelleri içerisinde kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden ince tabakalı matematiksel model Midilli-Küçük modeli olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemi esnasında belirlenen efektif difüzyon ( $D_{eff}$ ) değerleri  $1.52 \times 10^{-5}$ - $3.74 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/sn aralığında değişirken aktivasyon enerji değeri ise ( $E_a$ ) 42.83 kJ/mol olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kuşburnu, kabin kurutucu, kuruma performansı, efektif difüzyon ve aktivasyon enerji değerleri

### **Determination of drying performance, effective diffusion and activation energy values for rosehip (*Rosa canina* L.) fruit dried with cabin dryer**

#### **Abstract**

Rosehip fruit (*Rosa canina* L.), which has significant production potential in Turkey and in the world, is dried and consumed in alternative forms. In this study, the cabin was dried at a drying air temperature of 50, 60 and 70 °C using a convective dryer. Drying performance of rosehip fruits dried to the extent of 10-15% according to the wet base of the product, optimal mathematical drying model with thin layer, effective diffusion ( $D_{eff}$ ) and activation energy values were determined. The average drying times determined for the product at the drying air temperatures of 50, 60 and 70 °C were determined to be 16.5, 7.5 and 7 hours, respectively. Midilli-Küçük, Page and Yagcioglu mathematical models, widely used in the literature, have been chosen to form drying models of rosehip fruit. It is determined that the model with the smallest bedding is the Midilli-Küçük model. The effective diffusion ( $D_{eff}$ ) values determined according to the drying temperatures were varied between  $1.52 \times 10^{-5}$ - $3.74 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/sec and the activation energy value ( $E_a$ ) was determined as 42.83 kJ/mol.

**Key words:** Rosehip, cabin dryer, drying performance, effective diffusion and activation energy values

## Giriş

Kuşburnu meyvesi (*Rosa canina* L.) Türkiye'de olduğu gibi birçok Avrupa ülkesinde de yaygın bir şekilde yetişmektedir (Artık ve Eksi, 1988; Demir ve Özcan, 2001; Erentürk ve ark., 2005). Kuşburnu temelde C vitamini, potasyum ve fosfor gibi birçok besin elementi içermektedir. 100 g kuşburnu meyvesinde ortalama 300-4000 mg civarında C vitamini içerdiği bilinmektedir. Bu özelliği ile kuşburnu meyvesi tam bir C vitamini deposu özelliği taşımaktadır. Bununla beraber içerdiği diğer besin elementleri ise vücutta karaciğer, kalp, beyin ve endokrin bezlerinin sağlıklı bir şekilde çalışmasına katkı sağlamaktadır (Chrubasik ve ark., 2006; Leahu ve ark., 2014).

Kuşburnu yiyecek ve içecek olarak birçok şekilde tüketilmektedir. Kuşburnu meyvesi marmelat, şarap, reçel gibi gıda türlerinin yapımında direk kullanılmalarıyla beraber pasta, ekme, çorba gibi gıdalarda ise katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Biçer ve Kar, 2013). Kuşburnu meyvesi taze ve kurutulmuş bir çok şekilde kullanımının yanında yaprak ve çiçek kısımları da kurutulmuş tüketilmektedir (Deliorman Orhan ve ark., 2007; Machmudah ve ark., 2008). Kurutulmuş kuşburnu meyveleri sıcak ve soğuk çay yapımında, çorbalarda ve dondurmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Barta, 2006; Mabellini ve ark., 2012). Kurutma; yaş meyvelerin uzun süre saklanması için tercih edilen en eski yöntemlerden biri olup, üründeki nemin büyük bir kısmının uzaklaştırılması bununla beraber su aktivitesi değerinin düştüğü ve mikroorganizma faaliyetlerin çoğalmasının engellendiği bir gıda muhafaza yöntemidir (Pisalkar ve ark., 2011).

Tarımsal ürünlerin kurutulması için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri de güneş enerjisinden yararlanılarak gerçekleştirilen doğal kurutma yöntemidir. Doğal kurutma yöntemi enerji tüketim değeri açısından uygun olması üreticiler tarafından en fazla tercih edilen yöntemdir. Ancak ürünler kurutulurken toz, toprak, kuş ve zararlı gazlardan korunamamakta ve kurutma havasının sıcaklığı kontrol edilemediğinden dolayı son kalite değeri açısından önemli sorunlar oluşturmaktadır. Bir çok üretici bu sebepten dolayı ürünlerinin kurutulurken ısıtılmış hava ile çalışan konvektif kurutucuları tercih etmektedir (Doymaz ve ark., 2003; Özgen, 2014).

Kurutma çalışmalarında ürünün kuruma kinetiği hakkında bilgi edinmek için bazı parametreler

kullanılmaktadır. Bu parametreler kurutma işlemlerini kontrol etmek, var olan kurutucuları geliştirmek, yeni bir kurutucu tasarlamak için veya üründen nemin uzaklaştırılması için gerekli enerji değerlerini bilmek için önemlidir.

Bu çalışmada kabin tip bir konvektif kurutucu ile kurutulmuş kuşburnu meyvesinin kuruma kinetiklerini belirlemek için, ürünün kuruma performansı, en uygun ince tabakalı matematiksel kurutma modeli, efektif difüzyon ( $Deff$ ) ve aktivasyon enerji ( $E_a$ ) değerleri belirlenmiştir.

## Materyal Yöntem

### Deneme mateyali

Çalışmada kullanılan kuşburnu meyvesi Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi bahçe bitkileri bölümü araştırma bahçesinden temin edilerek Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Kurutma işlemleri sonlanana kadar ürünler  $+4\pm 0.5^\circ\text{C}$  sıcaklığa ayarlanan bir buz dolabında muhafaza edilmiştir.

### Nem tayini

Taze kuşburnu meyvesinin nem içeriği 4 tekerrürlü ve her bir tekerrürde ortalama  $25\pm 0.2$  g örnek kullanılarak belirlenmiştir. Nem tayini işlemi  $70^\circ\text{C}$  sıcaklığa ayarlanmış etüvde belirli aralıklarda ürünler dijital terazide (marka model, ülke) tartılarak ağırlık değişimi  $0.01$  g 'a düşüne kadar kurutulmuştur (Yağcıoğlu, 1999). İlk ve son ağırlıkları bilinen kuşburnu meyvesinin ilk nem içeriği 1 ve 2 numarada verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

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

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

$N_y$ : Yaş baza göre nem (%)

$N_k$ : Kuru baza göre nem (%)

$W_i$ : Ürün örneğinin ilk ağırlığı (g)

$W_s$ : Ürün örneğinin son ağırlığı (g)

### Kurutma işlemi

Kurutma işleminden önce materyal yıkanarak kötü olanlar ayıklanmış ve kurutma işlemi için eş görünümü ürünler seçilmiştir. Daha sonra ürünler ikiye bölünerek çekirdekleri çıkartılmıştır. Kurutma işlemleri Şimşek Laborteknik marka ST - 055 ve ST - 120 kabin tip iki kurutucular kullanılmıştır. Kurutma işlemleri  $50$ ,  $60$  ve  $70^\circ\text{C}$  kurutma havası sıcaklıklarında 3'er tekerrür halinde

gerçekleştirilmiştir. Her tekerrürde ortalama  $25 \pm 0.25$  g ürün kullanılmıştır. Kurutma işlemleri esnasında 0.01 hassasiyete sahip terazi belirli süre aralıklarında tartılarak ürün nemi yaş baza göre % 10-15 seviyesine kadar kurtulmuştur.

### Kurutucu

Çalışmada Şimşek Laborteknik marka ST - 055 ve ST - 120 tip iki kabin kurutucular kullanılmıştır. ST - 120 tip kurutucu ebat olarak diğerine göre büyük olup kurutma havası sıcaklığı  $250^\circ\text{C}$  sıcaklığa kadar ayarlanabilmektedir. ST - 055 tip kabin kurutucuda ise kurutma havası sıcaklığı  $150^\circ\text{C}$  sıcaklığa kadar ayarlanabilmektedir.

### Kuruma modeli

Kurutulan kuşburnu meyvesinin zamana bağlı olarak ayrılan nem oranı değeri 3 numarada verilen eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

ANO: Ayrılabilir nem oranı

M: Kurutulan materyalin anlık nem içeriği

$M_e$ : Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi

$M_0$ : Kurutulan materyalin ilk nem içeriği

Meyvenin kuruma eğrilerini oluşturmak için yaygın olarak kullanılan Midilli-Küçük, Page ve Yağcıoğlu ince tabakalı matematiksel kurutma modelleri seçilmiştir. Modellere ait eşitlikler Çizelge 1. 'de verilmiştir.

Çizelge 1. İnce tabakalı matematiksel kurutma modelleri

No	Model İsmi	Eşitlik
1	Page	$MR = \exp(-h \cdot (t))$
2	Midilli küçük	$MR = h \cdot \exp(-j \cdot (t^k)) + (l \cdot t)$
3	Yağcıoğlu	$MR = k \cdot \exp(-h \cdot t) + j$

### Efektif difüzyon değerlerinin ( $D_{eff}$ , $\text{m}^2/\text{s}$ ) belirlenmesi

Üründen nemin uzaklaşması Fick yasasının ikinci kanunu olan süreye bağlı olarak uzaklaşan alan miktarı yani diğer bir ifade ile efektif difüzyon değeri hesaplanmıştır. Efektif difüzyon değeri belirlenirken ürünün doku yapısının korunduğu ve nemin sadece difüzyon yolu ile ortamdan uzaklaştığı varsayımı kabul edilerek 3 numaralı eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Crank, 1979).

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

4 numaralı eşitlikte  $D_{eff}$  efektif difüzyon değerini ( $\text{m}^2/\text{sn}$ ), L ürünün dilim kalınlığının (m) yarısını ifade etmektedir. Yapılan kurutma işlemlerinde difüzyon tek yönlü gerçekleşmiştir. 4 numaralı eşitlik matematiksel kurallara göre düzenlendikten 5 numaralı eşitlik elde edilmiştir.

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \quad (5)$$

Belirlenen boyutsuz nem oranı (MR) değerleri kuruma süresine göre bir doğru oluşturulduğunda doğrunun eğiminden her kurutma şartı için ayrı  $D_{eff}$  değerleri hesaplanmıştır (Zakipour ve Hamidi, 2011).

Literatürde bazı ürünlerin kurutma şartları altında gösterdikleri efektif difüzyon değerleri belirlenmiştir. Bunlardan bazıları; Miranda ve ark. (2009) *Aloe vera* ( $5.30-17.33 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{sn}$ ); Çelen ve ark. (2015) patates ( $2.96 \times 10^{-7} - 3.59 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ); Sadi ve Meziane (2015) zeytin pirinası ( $3.55-20.47 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sn}$ ); Kutlu ve İşçi (2016) patlıcan ( $1.75-21.66 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sn}$ ) ve Gür (2016) balkabağı ( $11.6-16.6 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ ) gibi farklı ürünler üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

### Aktivasyon enerji değerinin belirlenmesi

Ürünün efektif difüzyon değerinin sıcaklığa bağlı değişimi Arrhenius eşitliği kullanılarak ifade edilmektedir (Karel ve Saguy, 1991).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right) \quad (6)$$

6 numaralı eşitliğe göre  $D_0$  değeri difüzyon katsayısını ( $\text{m}^2/\text{sn}$ ), R değeri gaz sabitini ( $8.3143 \text{ kJ/mol K}$ ),  $E_A$  aktivasyon enerji değerini ( $\text{kJ/mol}$ ) ve T (Kelvin $^\circ$ ) ise kurutma havası sıcaklığını ifade etmektedir. Aktivasyon enerji ( $E_A$ ) değeri efektif difüzyon ( $D_{eff}$ ) değerinin matematiksel olarak  $\ln$  değeri hesaplandıktan sonra  $1/T$  değerlerine karşılık bir doğru grafiği oluşturulmuştur. Elde edilen doğrunun eğim değerinden aktivasyon enerji değeri hesaplanmıştır (Türker ve İşleroğlu, 2017).

### Bulgular ve Tartışma

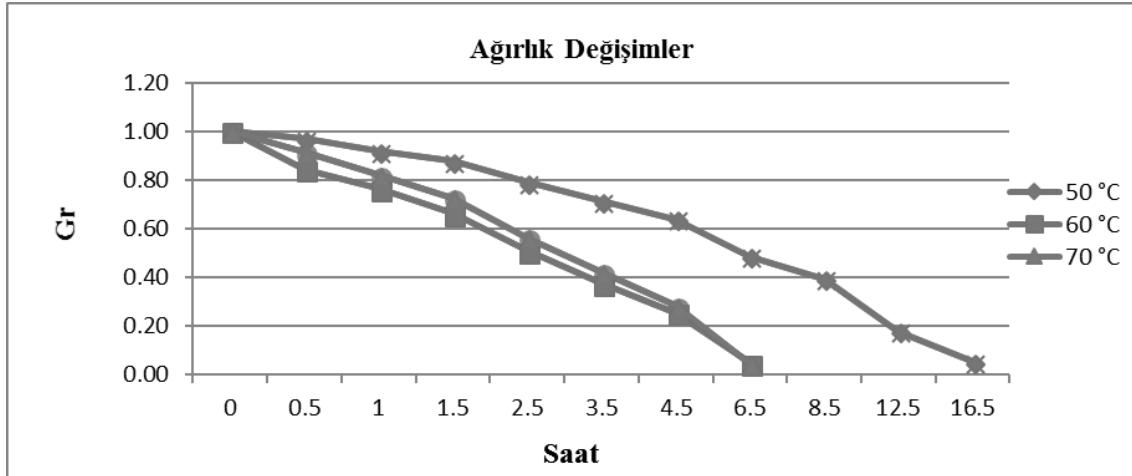
#### Kuruma verileri

Kullanılan ürünün ortalama nem içeriği yaş baza göre % 68.31 olarak belirlenmiştir. Yapılan kurutma işlemlerinde ürünün nem içeriği yaş baza göre % 10-15 seviyesine kadar kurutulmuştur. Yıldız ve ark. (2015), muzun kuruma karakteristiğinin incelendiği çalışmada ürün neminin % 10-15 seviyesine kadar kuruttuklarını ifade etmişlerdir. Kurutma şartları altında belirlenen ürüne ait ortalama kuruma

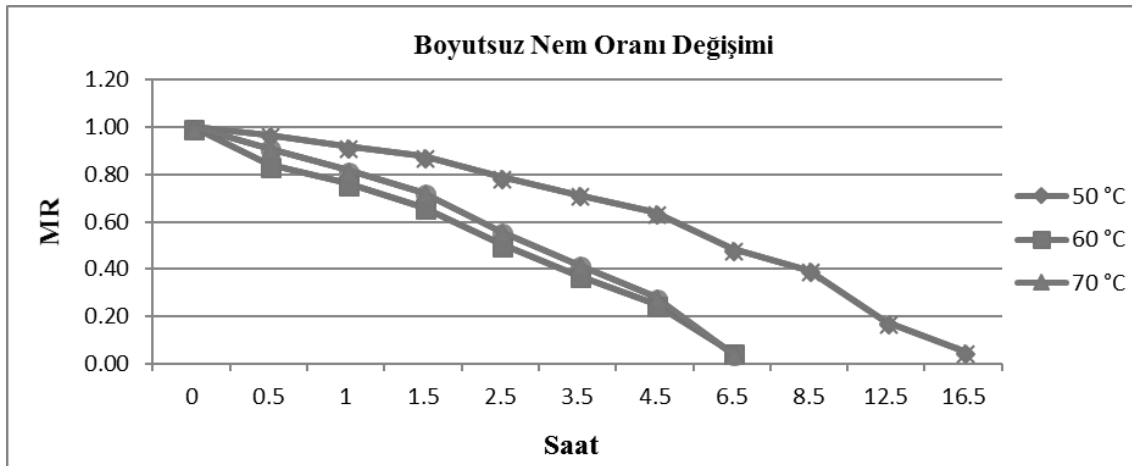
performans değerleri, kuruma esnasındaki ağırlık değişimleri ve ürünün boyutsuz nem değerleri (MR) Çizelge 2, Şekil 1 ve 2’te verilmiştir. 50, 60 ve 70 °C kurutma havası sıcaklıklarında kurutulan kuşburnu meyvesinin belirlenen ortalama kuruma süreleri sıcaklık değerlerine göre sırasıyla 16.5, 7.5 ve 7 saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Kuşburnu meyvesinin kuruma performans değerleri

Sıcaklık Değerleri	Ortalama Son Nem Değerleri (%)	Kurutma Süreleri (Saat)
50 °C	% 11,08	16.5
60 °C	% 10,33	7.5
70 °C	% 10,67	7



Şekil 1. Kuşburnu meyvesinin belirlenen ağırlık değişimleri



Şekil 2. Kuşburnu meyvesinin boyutsuz nem oranı (MR) değerlerinin değişimi

Uygulanan kurutma sıcaklığının ürünün kuruma performans değerlerini etkilediği ve sıcaklık değerinin artmasıyla kuruma sürelerinin azaldığı belirlenmiştir. Kaya ve ark. (2015), trabzonhurmasının kurutulduğu çalışmada sıcaklığının artması ile ürünün kuruma oranının arttığı ve kuruma süresinin azaldığını ifade etmişlerdir. Taşova (2016), sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucu ile yaptığı kurutma

çalışmasında sıcaklığının artması ile ürünün kuruma süresinin azaldığını ifade etmiştir.

#### Kurutma modellerine ait katsayılar, "R<sup>2</sup>" ve "p" değerleri

Kurutma işlemlerinde süreye bağlı ayrılabilir boyutsuz nem oranlarını belirlemek için kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Kuruma modellerine ait katsayı ve R<sup>2</sup> değerleri Çizelge 5 'te verilmiştir.

Çizelge 5. İnce tabakalı matematiksel kurutma modellerinin katsayı ve R<sup>2</sup> değerleri

Model adı	Sıcaklık (°C)	Model sabitleri	p	R <sup>2</sup>
Midilli-Küçük	50	k= 1,0962 h= 1,0031 j= 0,0761 m= -0,0088	p<0. 0001	0.9994
	60	k= 0,9307 h= 0,9964 j= 0,2544 m= -0,0194		0.9989
	70	k= 1,1011 h= 1,0015 j= 0,1689 m= -0,0276		0.9999
Page	50	k= 0,0681 h= 1,2692	p<0. 0001	0.9963
	60	k= 0,2646 h= 1,0929		0.9939
	70	k= 0,1779 h= 1,3239		0.9940
Yağcıoğlu	50	k= 1,4405 h= 0,0675 j= -0,4286	p<0. 0001	0.9993
	60	k= 1,1737 h= 0,2142 j= -0,1872		0.9986
	70	k= 1,6394 h= 0,1275 j= -0,6301		0.9997

Midilli-Küçük modeli kuruma eğrilerini en iyi 70°C kurutma havası sıcaklığında tahmin etmiştir. Modelin güvenilirlik değeri tüm kurutma şartları için (p<0,05) uygun bulunmuştur. Midilli-Küçük modeline ait en büyük "k" değeri 70°C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "k" değeri 60°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir. Modele ait en büyük "h" değeri 50°C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "h" değer ise 60°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir. En büyük "j" değeri 60°C kurutma havası sıcaklığında elde edilirken en küçük "j" değeri 50°C kurutma havası sıcaklığında elde edilmiştir. Modele ait en büyük "m" değeri ise 50°C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "m" değeri 70°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir.

Page modeli kuruma eğrilerini en iyi 50°C kurutma havası sıcaklığında tahmin etmiştir. Modelin güvenilirlik değeri tüm kurutma şartları için uygun (p<0,05) bulunmuştur. Page modeline ait en büyük "k" değeri 60°C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "k" değeri ise 50°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir. Modele ait en büyük "h" değeri ise 70°C kurutma havası sıcaklığında elde edilirken en küçük "h" değeri 60 °C kurutma havası sıcaklığında elde edilmiştir.

Yağcıoğlu modeli kuruma eğrilerini en iyi 70°C kurutma havası sıcaklığında tahmin etmiştir. Modelin güvenilirlik değeri tüm kurutma sıcaklığı için (p<0,05) uygun bulunmuştur. Yağcıoğlu modeline ait en büyük "k" değeri 70 °C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "k" değeri 60°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir. Modele ait en büyük "h" değeri 60 °C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "h" değeri 50 °C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir. En büyük "j" değeri ise 60°C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en küçük "j" değeri 70°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir.

Uygulanan tüm kurutma havası sıcaklıklarında R<sup>2</sup> değeri en yüksek olan yani kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden ince tabakalı matematiksel kurutma modelinin Midilli-Küçük modeli olduğu belirlenmiştir.

#### Efektif difüzyon (*Deff*) değerleri

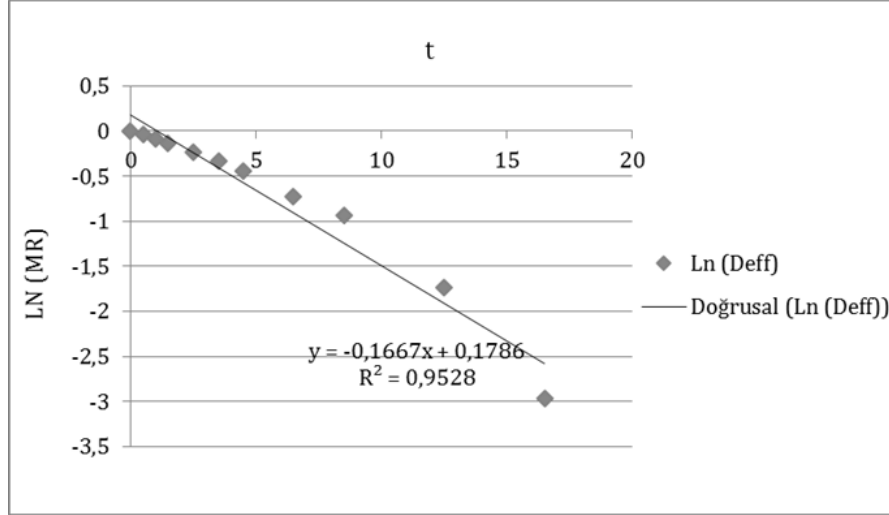
Uygulanan kurutma şartları altında hesaplanan ürünün efektif difüzyon değerleri Çizelge 3 'te verilmiştir.

Çizelgeye göre kurutma sıcaklığının efektif difüzyon değerini etkilediği ve kurutma sıcaklığının artmasıyla efektif difüzyon değerinin arttığı belirlenmiştir. 50, 60, 70°C kurutma havası

sıcaklıklarında kurutulan kuşburnu meyvesinin sıcaklık değerlerine göre sırasıyla  $1.52 \times 10^{-5}$ ,  $3.63 \times 10^{-5}$  ve  $3.74 \times 10^{-5}$  olarak belirlenmiştir. Belirlenen efektif difüzyon katsayısının süreye bağlı LN (MR) değerinin değişimi Şekil 3 'te verilmiştir.

Çizelge 3. Kuşburnu meyvesinin belirlenen efektif difüzyon değerleri

Kurutma Sıcaklıkları	Efektif Difüzyon ( $D_{eff}$ ) Değerleri ( $m^2/sn$ )
50°C	$1.52 \times 10^{-5}$
60°C	$3.63 \times 10^{-5}$
70°C	$3.74 \times 10^{-5}$



Şekil 3. Süreye bağlı LN (MR) değerinin en yüksek R<sup>2</sup> değerine sahip efektif difüzyon katsayısı eğrisi

Literatürde; Meisami-asl ve ark. (2010), beş farklı (40, 50, 60, 70 ve 80°C) kurutma sıcaklığında kurutulan elmanın kurutma havası sıcaklığı ürünün efektif difüzyon değerini etkilediği ve sıcaklık değerinin artması ile efektif difüzyon değerinin arttığı ve en yüksek efektif difüzyon değerini ise 80°C kurutma sıcaklığında belirlediklerini ifade etmişlerdir. Parlak, (2014), üç farklı kurutma sıcaklığında (40, 50 ve 60°C) kurutulan zencefilin efektif difüzyon değeri uygulanan kurutma sıcaklık değerleri tarafından etkilendiği ve en yüksek efektif difüzyon değerini ise 60°C kurutma havası sıcaklığında belirlediğini ifade etmiştir. Demiray ve Tülek (2016), üç farklı (25, 35, 45°C) kurutma sıcaklıklarında kurutulan bamyanın efektif difüzyon değeri sıcaklık değerleri tarafından etkilendiği ve en yüksek efektif difüzyon değerinin ise 45°C kurutma sıcaklığında belirlediklerini ifade etmişlerdir. Türker ve İşleroğlu (2017), beş farklı (50, 60, 70, 80 ve 90°C) kurutma sıcaklığında kurutulan kuşburnu pulpunun efektif difüzyon değeri sıcaklık değerleri tarafından etkilendiği ve sıcaklık değerinin artmasıyla efektif difüzyon değerinin arttığını ifade etmişlerdir.

#### Aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) değeri

Çalışma kurutma şartları altında belirlenen kuşburnu meyvesinden aktivasyon enerji değerinin

42.83 kJ/mol olduğu belirlenmiştir. Literatürde konvektif kurutucu ile kurutulan bazı ürünlerin aktivasyon enerjisi değerlerini; Aghbashlo ve ark. (2009) patates için 39.49 kJ/mol; Doymaz (2012) hurma için 43.26 kJ/mol; Vega-Galvez ve ark. (2012) altın çilek için 38.78 kJ/mol; Demiray ve Tülek, (2014) sarımsak için 30.58 kJ/mol; Zhu ve Shen (2014) şeftali için 42.23 kJ/mol olarak tespit etmişlerdir.

#### Sonuç

Kuşburnu meyvesi içerdiği besin değerleri ve etken maddeleri açısından hem besleyici hem de birçok hastalığın tedavisinde iyileştirici etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kuşburnu meyvesini mevsimi dışında da bozulmadan uzun süre saklanabilmesi için kurutulması gerekmektedir.

Çalışmada kabin tip bir konvektif kurutucu ile 50, 60 ve 70°C kurutma havası sıcaklıklarında kurutulan kuşburnunun kuruma performansı, en uygun ince tabakalı matematiksel kuruma modeli, efektif difüzyon ve aktivasyon enerji değerleri belirlenmiştir. Çalışmada belirlenen en uzun kuruma süresi 16.5 saat ile 50°C kurutma havası sıcaklığında belirlenirken en kısa kuruma ise 7 saat ile 70°C kurutma havası sıcaklığında belirlenmiştir.

Kurutulan kuşburnu meyvesinin oluşturulan kuruma eğrileri içerisinde en iyi tahmin eden ince tabakalı matematiksel kurutma modelinin Midilli-Küçük modeli olduğu belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklık değerleri kuşburnunun efektif difüzyon değerlerini etkilediği ve belirlenen Deff değerlerinin ise  $1.52 \times 10^{-5}$ - $3.74 \times 10^{-5}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Üründen bir mol su uzaklaştırmak için gerekli aktivasyon enerji değerinin ise 42.83 kJ/mol olduğu belirlenmiştir.

## Kaynaklar

- Aghbashlo, M., Kianmehr M.H, Arabhosseini, A., 2009. Modeling of thin-layer drying of potato slices in length of continuous band dryer. *Energy Conver Manag*, 50, 1348-1355.
- Artik, N., Eksi, A., 1988. Studies on chemical composition of some wild fruits (*Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Crataegus aronia*, *Vaccinium myrtilus* and *Berberies vulgaris*). *Food Industry*, 9, 33-34.
- Barta, J., 2006. Handbook of fruit and fruit 542 processing. In Y. Hui (Ed.), (First Edi- 543 tion, Chap. Fruit Drying Principles). Ox- 544 ford, Blackwell Publishing.
- Bicer, A., Kar. F., 2013. Experimental Investigation of Drying Behavior of Rosehip in a Cyclone-Type Dryer. *Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering*, Vol:7, No:6.
- Chrubasik, C., Duke, R.K., Chrubasik, S., 2006. The evidence for clinical efficacy of rose Hip and seed: a systematic review, *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(1): 1-3.
- Crank, J., 1979. The mathematics of diffusion. Oxford universitypress, London.
- Çelen, İ.H., Çelen, S., Moralar, A., Buluş, H.N., Önler, E., 2015. Mikrodalga Bantlı Kurutucuda Patatesin Kurutulabilirliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, Özel Sayı, 57-69.
- Demir, F., Ozcan, M., 2001. Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina* L ) fruits grown wild in Turkey. Research note. *Journal of Food Engineering*, 47, 333-336.
- Demiray, E., Tülek, Y., 2014. Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer. *Heat and Mass Trans*, 50, 779-786.
- Demiray, E., Tülek, Y., 2016. Güneşte Kurutulmuş Bamyaların Rehidrasyon Kinetiği. *Akademik Gıda* 14 (4), 368-374.
- Doymaz, İ., 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy Conver Manag*, 56, 199-205.
- Doymaz, İ., Tuğrul, N., Pala, M. 2003. "Maydanozun Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi," *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*, 3: 1-8.
- Erenturk, S., Gulaboglu, M.S., Gultekin, S., 2005. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *J Food Eng*, 68 (4): 513-518.
- Gür, M., 2016. Balkabağının Akışkan Yataklı Kurutucuda Kurutulmasının Deneysel Ve Teorik İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21, 2.
- 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.
- Kaya, A., Kamer, M.S., Şahin, H.E., 2015. Trabzon Hurmasının (*Diospyros kaki* L.) Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. *Gıda* 40 (1): 15-21. doi: 10.15237/gida.GD14047.
- Kutlu, N., İşçi, A., 2016. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Patlıcanın Kurutma Karakteristikleri Üzerine Etkisi ve Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi. *Akademik Gıda* 14 (1), 21-27.
- Leahu, A., Damian, C., Oroian, M., Ropciuc, S. and Rotaru, R., 2014. Influence of Processing on Vitamin C Content of Rosehip Fruits. *Animal Science and Biotechnologies*, 47 (1).
- Mabellini, A., Ohaco, E., Marquez, C.A., Michelis, A.D., Lozano, J.E., 2012. Effects of pretreatments on convective drying of rosehip (*Rosaeglanteria*). *International Journal of Food Studies*, 1, 42-51.
- Machmudah, S., 2008. Process optimization and extraction rate analysis of carotenoids extraction from rosehip fruit using supercritical CO<sub>2</sub>. *J. of Supercritical Fluids*, 44:308-314.
- Meisami-asl, E., Rafiee, S., Keyhani, A., Tabatabaefar, A., 2010. Determination of suitable thin layer drying curve model for apple slices (variety-Golab). *Plant Omics Journal*, 3 (3):103-108.
- Miranda, M., Maureira, H., Rodriguez, K., Vega-Galvez, A. (2009), Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) gel, *Journal of Food Engineering*, 91, 297-304.
- Deliorman Orhan, D., Hartevioglu, A., Kupeli, E. Yesilada, E., 2007. In vivo anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and

- fractions from *Rosa canina* L. Fruits. Journal of Ethnopharmacology, 112: 4-400.
- Özgen, F., 2014. Elma Kurutulmasında Kullanılan Konvektif Tip Bir Kurutma Sisteminin Tasarımı. Mühendis ve Makine, 55, 656, 42-49.
- Parlak, N., 2014. Akışkan Yataklı Kurutucuda Zencefilin Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakülte Dergisi, 29 (2), 261-269.
- Pisalkar, P. S., Jain, N. K., Jain, S. K., 2011. Osmo-air drying of aloe vera gel cubes. Journal of food science and technology-mysore 48-2, 183-189.
- Sadi, T., Meziane, S., 2015. Mathematical modelling, moisture diffusion and specific energy consumption of thin layer microwave drying of olive pomace. International Food Research Journal 22 (2): 494-501.
- Taşova, M., 2016. Sıcaklık Kontrollü Bir Mikrodalga Kurutucu Geliştirilmesi Ve Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Türker, İ., İşleroğlu H., 2017. Mahlep Püresinin Kızılötesi Işınım İle Kurutulması İşleminde Antosiyanin, Fenolik Madde Ve Antioksidan Kapasite Değişim Kinetiği. Gıda Dergisi, 42 (4), 422-430.
- Vega-Galvez, A., Miranda, M., Diaz, L.P., Lopez, L., Rodriguez, K., Di-Scala, K., 2010. Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake. Bioresour Technol, 101, 7265-7270.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi ziraat fakültesi yayınları No: 536. Bornova, İzmir.
- Yıldız, A.K., Polatci, H., Uçun, H., 2015. Farklı Kurutma Şartlarında Muz (*Musa cavendishii*) Meyvesinin Kurutulması ve Kurutma Kinetiğinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Tarım Makineleri Bilimi Dergisi 11 (2), 173-178.
- Zhu, A., Shen, X., 2014. The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. Int J Heat and Mass Trans, 72, 345-351.