



## The Effect of Drying Processes on Model and Quantitative Color Quality Characteristics of Cauliflower (*Brassica oleracea* L.)

Burcu AKSÜT<sup>a\*</sup>, Hakan POLATCI<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sürdürülebilir Tarım Programı, Tokat, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, TÜRKİYE

(\*): Corresponding author, [bureu.aksutt@gmail.com](mailto:bureu.aksutt@gmail.com)

### ABSTRACT

Drying is the process of removing the moisture in the product by evaporation up to a certain threshold value. The moisture content of the cauliflower vegetable is 90.76%, causing microbiological and enzymatic deterioration. For this reason, cauliflower should be preserved by drying in order to prolong its consumption life. In this study, drying process was carried out using different drying methods (oven, vacuum oven and convective dryer at 40, 50, 60 and 70°C drying temperatures and in the shade). The effects of different drying temperatures applied to the cauliflower vegetable on the color properties and drying kinetics were investigated. It was determined that the lowest drying time was 3.75 hours with the convective drying method at 70°C, and the greatest drying time was 275 hours with the shade drying method. In the mathematical modeling, Lewis, Wang Sing and Page equations were used. Among all drying models, the best drying data was found in the convective drying of the Page model equation at 70°C and the oven drying method at 40°C, R<sup>2</sup> with value of 0.9998 in Wang and Singh model equation. In terms of color values, it has been determined that the method that best preserves fresh cauliflower is drying in the shade.

#### RESEARCH ARTICLE

Received: 01.04.2022

Accepted: 05.05.2022

#### Keywords:

- Drying,
- Modeling,
- Color,
- Cauliflower

**To cite:** Aksüt B, Polatçı H (2022). The Effect of Drying Processes on Model and Quantitative Color Quality Characteristics of Cauliflower (*Brassica oleracea* L.). Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 3(1), 170-180.  
<https://doi.org/10.46592/turkager.1097272>



# Karnabaharın (*Brassica oleracea* L.) Model ve Kantitatif Renk Kalite Özelliklerine Kurutma İşlemlerinin Etkisi

## ÖZET

Kurutma üründeki nemin belirli bir eşik değerine kadar buharlaştırılarak uzaklaştırılması işlemidir. Karnabahar sebzesinin nem içeriğinin %90.6 olması sebebiyle mikrobiyolojik ve enzimatik bozulmalar meydana getirir. Bu nedenle karnabahar sebzesinin tüketim süresini uzatmak için kurutarak muhafaza edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, farklı kurutma yöntemleri (etüv, vakumlu etüv ve konvektif kurutucuda 40, 50, 60 ve 70°C kurutma sıcaklığında ve gölgede) kullanılarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Karnabahar sebzesine uygulanan farklı kurutma sıcaklıklarının renk ve kuruma kinetiğine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen kuruma performans değerleri incelendiğinde; en kısa kuruma süresi konvektif kurutucuda 70°C kurutma yöntemi ile 3.75 saat, en uzun kuruma süresi ise gölgede kurutma yöntemi ile 275 saat olduğu tespit edilmiştir. Yapılan matematiksel modellemede, Lewis, Wang Sing ve Page eşitlikleri kullanılmıştır. Tüm kurutma modeller arasında kuruma verilerini en iyi Page model eşitliğinin konvektif kurutma 70°C ve Wang and Singh model eşitliğinin etüv kurutma 40°C yönteminde R<sup>2</sup> değeri 0.9998 olarak tespit edilmiştir. Karnabaharın renk özelliklerini en iyi koruyan yöntemin ise gölgede kurutma olduğu belirlenmiştir.

### ARAŞTIRMA MAKALESİ

Alınış tarihi: 01.04.2022

Kabul tarihi: 05.05.2022

### Anahtar Kelimeler:

- Kurutma,
- Modelleme,
- Renk,
- Karnabahar

**Alıntı için:** Aksüt B, Polatçı H (2022). Karnabaharın (*Brassica oleracea* L.) Model ve Kantitatif Renk Kalite Özelliklerine Kurutma İşlemlerinin Etkisi. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 3(1), 170-180.  
<https://doi.org/10.46592/turkager.1097272>

## GİRİŞ

Karnabahar, Brassicaceae familyasında yer alan Brassica cinsine ait bir sebzedir. Brassica sebzeleri genel olarak insanları akciğer, gastrointestinal sistem ve prostat kanserine karşı korur. DNA onarımını artıran ve östrojen antagonisti olarak işlev gören bir kimyasal olan indol-3-karbinol, kanser hücrelerinin büyümesini yavaşlatmaktadır (Rahman ve Gani, 2019). Ayrıca C ve A vitamini, folik asit, fosfor, kalsiyum ve yağ asitleri açısından da zengindir. Tüm dünyada önemli miktarda üretimi yapılan bu sebze doğrudan taze olarak tüketilebilirken turşu, salata ve çorba gibi malzemelerde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (Alibas ve Koksall, 2015; Sahin ve Doymaz, 2017).

Çin ve Hindistan karnabahar yetiştiren ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye ise karnabahar yetiştiren ülkeler arasında 7. sıradadır. Karnabahar üretimi olarak dünyada ve Türkiye' de yıldan yıla giderek artış göstermektedir. Türkiye'de son beş yılda karnabahar üretimi yaklaşık 35 007 ton artış göstermiş ve 2021 yılında 234 717 ton karnabahar üretilmiştir (TÜİK, 2021). Bu kadar üretimi yapılan bir meyvenin hasat sonrası muhafazası da oldukça önemlidir. Yüksek nem içeriğine sahip olan karnabahar sebzesi mikrobiyal bozulmaya karşı hassastır. Bu nedenle uygun bir muhafaza yöntemi gerekmektedir.

Gıdaların muhafaza edilmesi için geçici veya kalıcı yöntemler vardır. Geçici yöntemler, gıdayı soğukta muhafaza ederek hava ile temasını kesmek ve nem alımını önlemek gibi özetlenebilir. Daha uzun veya kalıcı muhafaza için önerilen en iyi yöntem

ise kurutmazdır. Kurutma, sebze ve meyvelerin içerdikleri %80-95 oranlarındaki suyun %10-13 düşürülerek tüketim ömrünün uzatılmasını sağlama işlemidir. Bu sebeple kurutma, ürün içindeki nem seviyesini bozulmayı önleyecek seviyeye düşürdüğü için nem miktarındaki azalma olarak da tanımlanabilmektedir (Gülçimen, 2008).

Gıdaların kurutulmasındaki en önemli amaç, dayanma süresi kısa olan ürünlerin raf ömrünü artırmaktır. Nem içerikleri belirli bir orana kadar düşürülmüş olan gıdalar, normal atmosfer koşullarında, kimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik bozulmalara karşı daha dayanıklıdır. Kurutulan ürünlerin hacimleri de önemli oranda azaldığından taşıma ve depolamada da kolaylık sağlanır (Şahin, 2014).

Kurutma işlemi esnasında kütle ve ısı transferi sebebiyle kuruma sonrası ürünlerin aroma, besin değeri, yapı ve renk gibi kalite özelliklerini etkileyen birçok kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel değişimler oluşmaktadır (Di Scala ve Crapiste, 2008; Vega-Galvez ve ark., 2009; Yıldız Turgut ve Topuz, 2020). Birçok endüstriyel kurutma yöntemi daha yüksek kaliteli ürün elde etmek için geliştirilmiştir. Geliştirilen metotlar arasında etüvde, mikrodalga, vakum, dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemleri en yaygın kullanılan yöntemlerdir (Krokida ve Maroulis, 2000; Marques ve ark., 2006; Sagar ve Kumar, 2010; Yıldız-Turgut ve Topuz, 2020).

Bu çalışmada etüvde, vakumlu etüvde, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda ve gölgede kurutma yöntemleri kullanarak karnabahar sebzesinin kuruma kinetiği ve renk kriteri açısından en uygun kurutma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada kullanılan materyal karnabahar sebzesidir. Materyaller Tokat ilindeki yerel bir marketten satın alınmıştır. Nem tayini ve kurutma işlemleri için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Kurutma Laboratuvarına getirilmiştir. İşlemler sonlanana kadar ürünler  $+4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Çalışmada kullanılan taze karnabahar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kurutma materyali taze karnabahar.

*Figure 1. Drying material fresh cauliflower.*

### Nem tayini

Kurutma işlemi öncesinde taze karnabahar sebzesi nem içeriğinin belirlenmesi için ortalama 50 g yaş meyve kullanılarak  $70^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ağırlık değişimi sabitlenene kadar kurutulmuştur (Yağcıoğlu, 1999). İlk ve son ağırlıkları kaydedilen ürünün yaş baza nem içeriği 1 ve 2 numaralı eşitliklere göre 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;  $N_y$ : Yaş baza göre nem (%),  $N_k$ : Kuru baza göre nem (%),  $W_i$ : Yaş örneğin ağırlığı  $W_s$ : Kuru örneğin ağırlığı (g).

### Kurutma yöntemi

Karnabaharlar  $\pm 4^\circ\text{C}$  sıcaklıkta muhafaza edildikten sonra denemede kullanılmaya başlanmadan önce ortam sıcaklığına gelene kadar bir süre dış ortamda bekletilmiştir. Karnabaharlar küçük ağaç şeklinde koparılmıştır. Daha sonra etüv, vakumlu etüv ve konvektif kurutucuda  $40, 50, 60$  ve  $70^\circ\text{C}$  sıcaklıklarda ve gölgede kurutma yapılmıştır. Kurutma işlemleri üçer paralel halinde yapılmıştır. Kurutucu içerisindeki ürünler ilk önce 3 kere yarım saat, 3 kere 1 saat, 3 kere 2 saat, 4 kere 3 saat, 4 kere 4 saat ve sonrasında ürünler son nem değerine ulaşmaya kadar 5 saatte bir ölçüm alınmıştır. Ölçümler %1 g hassasiyete sahip bir terazi ile tartılarak ürün nemi yaş baza göre %10-13 seviyesine kadar kurutulmuştur.

### Renk ölçümü

Renk, gıda ve tarımsal ürünlerinin en önemli kalite değerleri kriterlerden biridir. Ürünlerde meydana gelen olumsuz renk değişimleri, ürünlerin market değerini önemli seviyede olumsuz etkilemektedir ([Krokida ve ark., 2000](#); [Adiletta ve ark., 2014](#); [Polatci ve ark., 2020](#)).

Taze ve kurumuş karnabahar sebzelerinin renk ölçümleri L, a ve b olarak ve hue değerleri olarak, Minolta marka CR300 model renk ölçer ile yapılmıştır. Bu değerler; "L" meyvenin parlaklık değerini ifade etmekte olup 0-100 arasında bir değer almaktadır. "a" kırmızı-yeşil, "b" ise sarı-mavi renkleri ifade etmektedir. Bu değerler + işaretli olursa "a" kırmızıyı "b" sarı renkte olduğunu – işaretli değerler alırsa "a" yeşil ve "b" mavi renkte olduğunu ifade etmektedir ([McGuire, 1992](#)). Ölçülen L, a ve b değerleri ürün hakkında tek başına bir anlam ifade etmezken bu değerler kullanılarak ticari renk değeri açısından önemli olan hesaplanarak belirlenen kroma, kırmızılık indeksi, hue açısı, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeks değerleri belirlenmiştir. Bu değerler bazı renk ölçüm cihazlarında doğrudan ölçülebilmektedir, ancak çalışmada kullanılan renk ölçüm cihazı bu özellikte değildir.

Hesaplanan bu değerler;

**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 değışim değeri ( $\Delta E$ ):** Taze karnabaharın renk değerlerini kurutma işlemleriyle ne kadar değıştiğini belirlemektir. Toplam renk değışim değeri 8 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Celen 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 indeks değeri (BI):** Karnabahar kurutma işlemi sonunda gerçekleşen kahverengilik değeri belirlemektedir. Kahverengileşme indeksi 9 ve 10 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Plou ve ark., 1999).

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

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

### Meyve ağırlık ölçümü

Belirli aralıklarda bitki materyalinin ağırlıkları ölçülmüştür. Ağırlıklar 0.01g hassasiyetindeki ANDGF300 model terazi ile ölçülmüştür.

### Kurutma verilerinin matematiksel modellemesi

Tarımsal ürünler kurutulurken nem değışimini modellemek, gerçek değerler ile tahmini değerler arasındaki ilişkiyi ifade etmek için bazı model eşitliklerinden yararlanılır. Bu çalışmada oluşturulan kurutma eğrilerinin katsayıları ile eğrilerin "R<sup>2</sup>" ve "p" değeri SigmaPlot 10.0 programı kullanılarak belirlenmiştir. Kurutma için en uygun üç model eşitliği seçilmiş ve aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Bu modelleme eşitlikleri Lewis, Page ve Wang Singh 'dır. Çizelge 1'de bu eşitlikler verilmiştir.

### Çizelge 1. Kurutma model eşitlikleri.

*Table 1. Drying model equations.*

No	Model ismi	Eşitlik	İlgili Kaynak
1	Lewis	$f=\exp(-k.t)$	<a href="#">Lewis (1921)</a>
2	Page	$f=\exp(-kt^h)$	<a href="#">Page (1949)</a>
3	Wang Singh	$f=1+k.t+h.t^2$	<a href="#">Wang ve Singh (1978)</a>

f: Modelin fonksiyonu, k-h: Modele ait sabit katsayılar, t: Süre

### İstatistiksel analiz

Tüm kurutulmuş örneklere ait renk değerlerinin istatistiksel açıdan tazelerin özelliklerini ne kadar muhafaza edebildiğini belirleyebilmek için veriler SPSS 26.0 programında işlenerek çoklu karşılaştıma testi (DUNCAN) yapılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Deneme kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

### Kuruma verileri

Karnabahar sebzemesinin nem içeriği %90.76 olarak belirlenmiştir. [Baloch ve ark. \(2015\)](#), Pakistan da yetiştirilen karnabahara yapmış oldukları kurutma sonrası mineral içeriklerini inceledikleri çalışmada karnabaharın nem içeriğini %90.62 bulmuşlardır. Araştırmacılar, mevcut çalışmadaki nem içeriğine yakın bir değer tespit etmişlerdir. Bu değer ürünlerde hasat sonrasında bozulmalara sebep olacak ve uzun süre tüketim için uygun olmayacaktır. Bu nedenle ürün içerişindeki nem değerini %10-13'e kadar düşürerek depolanabilir toplam su seviyesine kadar kurutulması gerekmektedir. Denemeler sonucunda ürünlerin kuruma süreleri ve ortalama son nem değerleri izelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Karnabahar sebzemesine ait kuruma performans değerleri.

**Table 2.** *Drying performance values of cauliflower vegetable.*

Kurutma Yöntemleri	Ortalama Son Nem Değerleri (%yb)	Kurutma Süreleri (saat)
Etüv	40°C	83.5
	50°C	30.5
	60°C	26.5
	70°C	16.5
Vakumlu Etüv	40°C	134.5
	50°C	76.5
	60°C	38.5
	70°C	28.5
Konvektif Kurutucu	40°C	43.5
	50°C	10.5
	60°C	6.5
	70°C	3.75
Gölgede Kur.	-	291

Çizelge 2 incelendiğinde kuruma süresi kuruma koşullarına göre değişiklik göstermiştir. Yöntemler arasında sıcaklık kuruma süresini etkilemiştir. Kuruma süresi sıcaklık ile doğru orantılıdır. Yani sıcaklık artışça kuruma süresi azalmıştır. Buna göre en kısa kuruma süresi konvektif kurutma 70°C yöntemi ile 3.75 saat, en uzun kuruma süresi ise gölgede kurutma yöntemi ile 291 saat olduğu tespit edilmiştir. [Vargas ve ark. \(2022\)](#), brokoli, lahanaya ve ıspanağın fitokimyasal içeriği ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi için farklı kurutma yöntemleri kullandıkları çalışmada brokoli ve kara lahanayı 14 saat ağırlık değişimi önemsiz hale gelene kadar kurutmuşlardır. Çalışmada aynı familyadan olan karnabahar sebzemesini benzer yöntemde 16.5 saatte kurutulmuştur. Kuruma süresindeki farkın sebebi lahanaya ve brokolinin nem içeriğinin karnabahardan daha düşük olmasından kaynaklı olduğu düşünölmektedir.

### Renk değerleri

Karnabahar sebzemesinin taze ve kurutulmuş örneklerine ait ölçölen ve hesaplanan renk değerleri izelge 3 ve izelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde L, a ve b değerleri %5 önem seviyesinde tazeye kıyasla istatistiksel açıdan ( $P < 0.05$ ) farklı bulunmuştur. Ancak L değerlerine bakıldığında etüv 50°C ile vakumlu etüv 50°C-60°C-70°C, etüv 70°C ile konvektif kurutucu 50°C-70°C ve

vakumlu etüv 40°C ile konvektif kurutucu 60°C istatistiki açıdan ( $P<0.05$ ) benzer olduğu görülmüştür. Çalışmada, a değerleri incelendiğinde etüv 40°C-50°C ile 70°C ve konvektif kurutucu 40°C ile 60°C yöntemleri arasında istatistiki açıdan ( $P<0.05$ ) bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. b değerinde ise vakumlu etüv 40°C-50°C ile konvektif kurutucu 60°C istatistiki açıdan ( $P<0.05$ ) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4 incelendiğinde taze ürünün kroma (renk doygunluğu) değeri 13.70 olarak bulunmuştur. En düşük kroma değeri gölgede kurutma yöntemi ile 17.45 bulunurken en yüksek değer ise etüv 60°C ile 27.39 olarak belirlenmiştir.

Taze ürünlerin hue açısı 80.63 olarak belirlenmiştir. Yapılan denemelerde en düşük hue açısı vakumlu etüv 70°C ile 64.38 olarak tespit edilirken en yüksek hue açısı ise konvektif kurutucu 60°C yöntemi ile 78.80 olarak bulunmuştur.

BI (kahverengileşme indeksi) yapılan denemelerde en düşük değeri konvektif kurutucu 70°C yöntemi ile 42.31 bulunurken en yüksek değer ise vakumlu etüv 70°C yöntemi ile 76.23 olarak bulunmuştur.

Toplam renk farklılık değeri en fazla etüv 40°C kurutma yönteminde 44.55 olarak belirlenirken en az ise vakumlu etüv 70°C kurutma yönteminde 32.69 olarak tespit edilmiştir.

### Çizelge 3. Karnabahar sebzesine ait ölçülen renk değerleri.

Table 3. Measured color values of cauliflower vegetable.

		L	a	b
<b>Taze Karnabahar</b>		2.74±79.55 <sup>a</sup>	1.44±2.23 <sup>i</sup>	4.29±13.52 <sup>h</sup>
<b>Etüv</b>	40°C	5.72±62.11 <sup>b</sup>	0.67±6.55 <sup>e</sup>	3.37±21.65 <sup>cde</sup>
	50°C	6.52±55.08 <sup>de</sup>	0.90±6.86 <sup>e</sup>	5.43±22.96 <sup>abc</sup>
	60°C	2.06±57.12 <sup>cde</sup>	1.17±8.17 <sup>cd</sup>	3.47±26.14 <sup>a</sup>
	70°C	3.71±58.36 <sup>bcd</sup>	0.81±7.09 <sup>e</sup>	3.33±18.54 <sup>efg</sup>
<b>Vakumlu etüv</b>	40°C	4.20±60.85 <sup>bc</sup>	1.09±9.04 <sup>bc</sup>	1.91±25.48 <sup>ab</sup>
	50°C	5.99±54.77 <sup>de</sup>	1.32±9.34 <sup>b</sup>	3.85±25.27 <sup>ab</sup>
	60°C	4.20±53.89 <sup>de</sup>	1.76±8.00 <sup>c</sup>	4.72±20.71 <sup>cdef</sup>
	70°C	7.31±48.10 <sup>de</sup>	1.47±10.59 <sup>a</sup>	5.82±22.09 <sup>bcd</sup>
<b>Konvektif kurutucu</b>	40°C	5.15±49.46 <sup>f</sup>	1.24±4.82 <sup>fg</sup>	5.00±19.20 <sup>defg</sup>
	50°C	7.55±58.32 <sup>bcd</sup>	1.23±4.23 <sup>gh</sup>	5.93±18.45 <sup>efg</sup>
	60°C	6.83±61.52 <sup>bc</sup>	0.96±5.03 <sup>fg</sup>	3.98±25.41 <sup>ab</sup>
	70°C	5.54±58.37 <sup>bcd</sup>	0.78±5.35 <sup>f</sup>	2.84±17.72 <sup>fg</sup>
<b>Gölgede Kur.</b>	-	6.91±53.66 <sup>e</sup>	1.73±3.53 <sup>h</sup>	3.95±17.09 <sup>g</sup>

$P<0.05$  önem seviyesinde

**Çizelge 4.** Karnabahar sebzesine ait hesaplanan renk değerleri.

**Table 4.** Calculated color values of cauliflower vegetable.

		C	Hue	$\Delta E$	BI
<b>Taze Karnabahar</b>		13.70	80.63	67.06	20.30
<b>Etüv</b>	40°C	22.62	73.16	44.55	49.86
	50°C	23.96	73.37	38.09	61.92
	60°C	27.39	72.64	39.08	70.18
	70°C	19.85	69.06	42.46	46.55
<b>Vakum Etüv</b>	40°C	27.03	70.46	42.07	64.05
	50°C	26.94	69.72	37.38	72.90
	60°C	22.20	68.87	37.60	58.53
	70°C	24.50	64.38	32.69	76.23
<b>Konvektif Kurutucu</b>	40°C	19.79	75.91	34.65	55.27
	50°C	18.93	77.09	42.94	42.66
	60°C	25.90	78.80	42.97	58.02
	70°C	18.51	73.19	43.16	42.31
<b>Gölgede Kur.</b>		17.45	78.34	39.50	42.43

#### Modelleme verileri

Matematiksel modelleme sonucu ile elde edilen “R<sup>2</sup>” ve “p” değerleri Çizelge 5’de verilmiştir.



Çizelge 5. Modelleme eşitliklerine ait hesaplanan değerler.

Table 5. Calculated values of modeling equations.

Model Eşitlikleri	Kurutma yöntemi	R <sup>2</sup>	p	k	h		
Page	Etüv	40°C	0.9965	0.0001	0.0039	1.4572	
		50°C	0.9955	0.0001	0.0104	1.5970	
		60°C	0.9942	0.0001	0.0252	1.5008	
		70°C	0.9884	0.0001	0.0368	1.4965	
	Vakumlu Etüv	40°C	0.9981	0.0001	0.0051	1.3006	
		50°C	0.9980	0.0001	0.0068	1.4049	
		60°C	0.9986	0.0001	0.0241	1.3250	
		70°C	0.9981	0.0001	0.0193	1.5265	
	Konvektif Kurutucu	40°C	0.9995	0.0001	0.2099	0.9219	
		50°C	0.9997	0.0001	0.3569	1.0314	
		60°C	0.9993	0.0001	0.6335	1.0587	
		70°C	0.9998	0.0001	0.9279	1.1026	
	Gölgede Kur.	-	0.9976	0.0001	0.0040	1.1512	
	Wang Singh	Etüv	40°C	0.9998	0.0001	-0.0147	3.2086
			50°C	0.9992	0.0001	-0.0340	2.9244
			60°C	0.9942	0.0001	-0.0615	0.0008
70°C			0.9948	0.0001	-0.0697	0.0005	
Vakumlu Etüv		40°C	0.9996	0.0001	-0.0128	3.9663	
		50°C	0.9992	0.0001	-0.0207	9.7668	
		60°C	0.9993	0.0001	-0.0444	0.0005	
		70°C	0.9974	0.0001	-0.0523	0.0006	
Konvektif Kurutucu		40°C	0.8991	0.0001	-0.0833	0.0015	
		50°C	0.9826	0.0001	-0.2568	0.0160	
		60°C	0.9706	0.0001	-0.4289	0.0442	
		70°C	0.9950	0.0001	-0.6718	0.1110	
Gölgede Kur.		-	0.9991	0.0001	-0.0062	9.9414	
Lewis		Etüv	40°C	0.9803	0.0001	0.0215	-
			50°C	0.9701	0.0001	0.0535	-
			60°C	0.9758	0.0001	0.0841	-
	70°C		0.9681	0.0001	0.1040	-	
	Vakumlu Etüv	40°C	0.9899	0.0001	0.0170	-	
		50°C	0.9853	0.0001	0.0284	-	
		60°C	0.9890	0.0001	0.0591	-	
		70°C	0.9781	0.0001	0.0736	-	
	Konvektif Kurutucu	40°C	0.9989	0.0001	0.1848	-	
		50°C	0.9995	0.0001	0.3681	-	
		60°C	0.9987	0.0001	0.6518	-	
		70°C	0.9990	0.0001	0.9437	-	
	Gölgede Kur.	-	0.9949	0.0001	0.0081	-	

Çizelge 5 incelendiğinde R<sup>2</sup> değeri en yüksek Page model eşitliğinin konvektif kurutma 70°C yönteminde ve Wang and Singh model eşitliğinin etüv 40°C 0.9998 bulunurken, R<sup>2</sup> değeri en düşük ise Wang Sing model eşitliğinin konvektif kurutma 40°C yönteminde 0.8991 olarak tespit edilmiştir. R<sup>2</sup> değerinin yüksek olması deneysel

olarak hesaplanan verilerle modellerin tahmin ettiği verilerin birbirine yakınlığının yüksek olduğunu, düşük olması ise modelin tahmin ettiği verilerin birbirleri arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu göstermektedir. [Sahin \(2014\)](#), karnabahar ve brokolinin kurutma karakteristiklerine ön işlem süresinin ve sıcaklığının etkisi çalışmasında Henderson ve Pabis, Page, Logaritmik, Midilli vd., Wang ve Singh Newton ve Two-term model eşitliklerini kullanmış ve en iyi tahmin eden kuruma modeli Midilli vd. olmuştur. Bu farklılığın nedenin ön işleme kuruma sürelerindeki azalmanın etkisi olacağı düşünülmektedir.

## SONUÇ

Üretimi dünyada ve Türkiye de oldukça fazla olan karnabaharın muhafaza koşullarının iyileştirilmesi oldukça önemlidir. İçerdiği yüksek nem sebebiyle çabuk bozulan karnabahar sebzesine uygun bir kurutma yöntemi belirlenmelidir. Bu çalışmada, karnabahar sebzesinin farklı kurutma yöntemlerinde renk kriteri ve kuruma kinetiğince en uygun yöntem belirlenmiştir. Etüvde 40, 50, 60 ve 70°C'de, vakumlu etüv 40, 50, 60 ve 70°C'de, konvektif kurutucu 40, 50, 60 ve 70°C'de ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılmıştır.

Karnabahar sebzesine ait kuruma performans değerleri incelendiğinde; en kısa kuruma süresi konvektif kurutucu 70 °C kurutma yöntemi ile 3.75 saat olarak tespit edilmiştir. Belirlenen R<sup>2</sup> değerleri arasında en yüksek eşitlik Page model eşitliğinin konvektif kurutma 70°C yönteminde ve Wang and Singh model eşitliğinin etüv 40°C 0.9998 olarak tespit edilmiştir. Renk değerleri açısından da karnabaharın özelliklerini en iyi koruyan yöntemin gölgede kurutma yöntemi olduğu belirlenmiştir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

**Burcu Aksüt:** Çalışmanın yazım aşamasında, kurutma denemelerinin yapılmasında, kuruma ve modelleme verilerinin işlenmesi aşamasında katkı sağlamıştır.

**Hakan Polatçı:** Çalışma materyalinin temininde, planlama, kontrol ve analiz aşamasında katkı sağlamıştır.

## ETİK KURUL KARARI

Bu makale Etik Kurul Kararı gerektirmemektedir.

## KAYNAKLAR

- Adiletta G, Iannone G, Russo P, Patimo G, De Pasquale S and 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.
- Alibas I and Koksal N (2015). Forced-air, vacuum, and hydro precooling of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. *Freemont*): part II. Determination of quality parameters during storage. *Food Science Technology (Campinas)*, 35: 45-50.
- Baloch AB, Xia X and Sheikh SA (2015). Proximate and mineral compositions of dried cauliflower (*Brassica oleracea* L.) grown in sindh, Pakistan. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(3), 213-219.

- Çelen İH, Çelen S, Moralar A, Buluş HN ve 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 and Crapiste GH (2008). Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT- Food Science and Technology*, 41(5): 789-795.
- Gülçimen F (2008). *Yeni tasarlanan havalı kollektörler yardımı ile reyhan ve nane kurutulması*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, s. 169, Elazığ.
- Krokida M and 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 and Marinos Kouris D (2000). Effect of pretreatment on color of dehydrated products. *Drying Technology*, 18(6): 1239-1250.
- Lewis WK (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-443.
- Marques LG, Silveira AM and 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.
- Page GE (1949). Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers, MSc. Thesis, Master Thesis, Purdue University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical Engineering, Indiana.
- Plou E, Lopez Malo A, Barbosa Canovas GV, Welti Chanes J and 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 ve Saraçoğlu O (2020). Armut (*Pirus communis* L.) posasının bazı kalite değerleri açısından uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 8(3): 540-546.
- Rahman R and Gani M (2019). Effect of different pre-treatments and drying techniques on quality of cauliflower. *Annals. Food Science and Technology*, 20(2): 207-217.
- Sagar VR and 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.
- Şahin M and Doymaz İ (2017). Estimation of cauliflower mass transfer parameters during convective drying. *Heat Mass Transfer*, 53: 507-517.
- Şahin M (2014). *Brokoli ve karnabaharın kurutma karakteristiklerine ön işlem sıcaklığının ve süresinin etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, s. 101, İstanbul.
- TÜİK (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>, (01.04.2022)
- Vargas L, Kapoor R, Nemzer B and Feng H (2022). Application of different drying methods for evaluation of phytochemical content and physical properties of broccoli, kale, and spinach. *LWT-Food Science and Technology*, 155, 112892.
- Vega Gálvez A, Di Scala K, Rodríguez K, Lemus Mondaca R, Miranda M, López J and Perez Won M (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. *Hungarian*). *Food Chemistry*, 117(4): 647-653.
- Wang CY and Singh RP (1978). A single layer drying equation for rough rice. *ASAE Paper No: 78-3001*, ASAE, St. Joseph, MI.
- Yağcıoğlu A (1999). Tarımsal ürünleri kurutma tekniği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları No: 536. Bornova, İzmir*.
- Yıldız Turgut D ve Topuz A (2020). Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 30(1): 44-56.