

## Kivi Halkalarının Ozmotik Dehidrasyon ve Güneş Enerjili Kurutucu ile Kurutulması

Zehra YILDIZ<sup>\*1</sup>, Furkan Sabri GENCER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

**Öz:** Bu çalışmada, kivi meyvesi halka şeklinde dilimlenerek ozmotik dehidrasyon, çok raflı güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon ile kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon işlemi için kivi halkaları belirli dilim kalınlığında kesilerek sakkaroz çözeltisine belirlenen kurutma süresi boyunca daldırılmıştır. Ozmosolar dehidrasyon işleminde önce kivi halkaları sakkaroz çözeltilerine daldırılmış ve daha sonra güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Nem kaybı, kurutma hızı, çapsal büzülme oranı ve  $a^*$  renk parametresindeki değişim üzerine kurutma yönteminin kurutma süresi boyunca etkisi belirlenmiştir. Yedi saatlik kurutma periyodu sonunda nem kaybı, ozmosolar dehidrasyon yönteminde %80, güneş enerjili kurutucuda %68 ve ozmotik dehidrasyon ile %21'e ulaşmıştır. Büzülme oranı, kurutma periyodu sonunda ozmotik dehidrasyonda %2, ozmosolar dehidrasyonda %26 ve güneş enerjili kurutucuda %31 dir. Nem kaybında ve büzülme oranında, ozmotik dehidrasyonda iki saatten sonra, ozmosolar dehidrasyon yönteminde ve güneş enerjili kurutucuda altı saatten sonra önemli bir değişim olmamıştır. Ozmosolar dehidrasyonda nem kaybı fazla olmasına rağmen büzülme oranı ozmotik dehidrasyonun etkisinden dolayı güneş enerjili kurutucuda kurutmadan daha az olmuştur. Kurutma periyodu sonunda kurutma hız, ozmosolar dehidrasyon yönteminde 0.014 g/dk, güneş enerjili kurutucuda 0.013 g/dk ve ozmotik dehidrasyon ile 0.004 g/dk olarak belirlenmiştir. Kurutma periyodu sonunda  $a^*$  renk değişimi, ozmosolar dehidrasyon yönteminde %56, güneş enerjili kurutucuda %65 ve ozmotik dehidrasyon ile negatif yönde %30'dur. Güneş enerjili kurutucuda kivi halkaları kurutulmadan önce ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanması kurutma süresini kısaltmış ve  $a^*$  renk değerinin korunmasını sağlamıştır. Ozmotik dehidrasyon işleminin kurutma yöntemi olarak kullanılmasından ziyade ön kurutma işlemi olarak etkili olduğu belirlenmiştir. Kivi halkalarının çok raflı güneş enerjili kurutucu ile kurutulmasında, ozmotik dehidrasyon işleminin olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** kurutma, ozmotik dehidrasyon, güneş enerjili kurutucu, ozmosolar dehidrasyon

### Drying of Kiwi Rings with Osmotic Dehydration and Solar Dryer

**Abstract:** In this study, kiwi fruit was sliced into rings and dried by osmotic dehydration, natural convective solar tray dryer and osmosolar dehydration. For the osmotic dehydration process, kiwi rings were cut with the slice thickness and immersed in the sucrose solution for the specified drying time. In the osmosolar dehydration process, first kiwi rings were dipped in sucrose solutions and then dried in a solar dryer. The effect of the drying method on the moisture loss, drying rate, diametrical shrinkage rate and  $a^*$  color change during the drying period was determined. At the end of the drying period for seven hour, moisture loss reached 80% in the osmosolar dehydration method, 68% in the solar dryer and 21% in the osmotic dehydration method. The shrinkage ratio at the end of the drying period is 2% in osmotic dehydration, 26% in osmosolar dehydration and 31% in solar dryer. There was no significant change in moisture loss and shrinkage rate after two hours in osmotic dehydration, and after six hours in osmosolar dehydration method and solar dryer. Although the moisture loss was higher in the osmosolar dehydration method, the shrinkage rate was less than drying in the solar dryer due to the effect of the osmotic dehydration. At the end of the drying period, the drying speed was determined as 0.014 g/min in the osmosolar dehydration method, 0.013 g/min in the solar dryer and 0.004 g/min in the osmotic dehydration method. At the end of the drying period,  $a^*$  color change is 56% in the osmosolar dehydration method, 65% in the solar dryer, and 30% in the negative direction with osmotic dehydration. The application of osmotic dehydration process before drying the kiwi rings in the solar dryer shortened the drying time and ensured the preservation of the  $a^*$  color value. It has been determined that the osmotic dehydration process is effective as a pre-drying process rather than being used as a drying method. It has been observed that osmotic dehydration process is effective in drying the kiwi rings with solar tray dryer.

**Keywords:** drying, osmotic dehydration, solar dryer, osmosolar dehydration

### GİRİŞ

Tarım ürünleri, üretimin talebin üzerinde gerçekleşmesiyle arta kalan ürünlerin değerlendirilmesi veya tarımsal kuru ürünlere yönelik sağlıklı besin olarak tüketim ihtiyacın artması gibi nedenlerle kurutulur. Endüstriyel kurutma işlemi için gereken ısı kurutma işlem maliyetini artırmaktadır (Ertekin ve Yıldız, 1998; Ceylan ve ark., 2006). Güneş enerjisi ile kurutma ya da ozmotik bir çözeltiliye daldırarak yapılan ozmotik dehidrasyon kurutma gibi geleneksel kurutma

işlemlerinde enerji gideri yoktur (Çınar, 2009; Yıldız ve Akkari, 2021). Doğal güneş kurutma işleminde ürünlerin kalite özellikleri kısmen korunurken ürünlerin kurutulması zaman almaktadır. Ayrıca güneş altında doğrudan

**\*Sorumlu Yazar:** zilyildiz@tarsus.edu.tr

Bu çalışma yüksek lisans tez ürünüdür

**Geliş Tarihi:** 1 Mart 2022

**Kabul Tarihi:** 29 Nisan 2022

kurutmada daha büyük alanlara ihtiyaç vardır (Ertekin ve Yıldız, 1998; Aboud, 2013). Bu sebeple güneş enerjisinden dolayı yararlanan güneş enerjili kurutucular kullanılmaktadır. Güneş enerjili kurutucu ile kurutma yönteminin, ısıya duyarlı, renk kalitesi ve duyuşal özelliklerinin önemli olduğu gıda ürünlerinin ekonomik ve hijyenik kurutulması için uygun bir yöntem olduğu söylenebilir. Güneş enerjili kurutucularda kolektör sayesinde kurutucu kabinindeki hava sıcaklığı dış atmosferdeki hava sıcaklığından yüksek ve hava nemi daha düşüktür (Yıldız ve Gökayaz, 2019; Aktaş ve ark., 2006). Böylece, tarımsal ürün güneş enerjili kurutucu kabininde güneş altında yayararak kurutmadan daha kısa sürede kurur.

Ozmotik dehidrasyon, ürünün su aktivitesini düşürerek mikrobiyal bozulmayı önler. Ozmotik dehidrasyon ile kurutma işlemi, düşük sıcaklıkta gerçekleştiği için ürünün dokusu, rengi ve tadı korunmakla beraber enerji tasarrufu sağladığı için gıda kurutma işleminin tamamlayıcı bir basamağı olarak son yıllarda önem kazanmaktadır (Albak ve Belibağı, 2010; Lee ve Lim, 2011).

Ozmotik dehidrasyon işlemi, kurutma yöntemi, kurutma öncesi uygulanan bir ön işlem tekniği veya yarı kurutma yöntemi olarak ifade edilmektedir. Ozmotik dehidrasyon işleminde, ürün ozmotik bir çözeltiye daldırılır ve ürünün dokularından su uzaklaştırılarak kurutma sağlanır. Ozmotik dehidrasyon sırasındaki kütle transferi, ürünün dokusundan hipertonic çözeltiye su geçişi ve ozmo-aktif maddeler arasında bir denge kurulana kadar devam etmektedir (Çınar, 2009; Kamiloğlu ve ark., 2021). Çözelti ve ürün arasında derişim farkı nedeniyle hücreden çözeltiye su geçişi ve çözeltiden meyveye ozmotik çözücü madde geçişi olmak üzere iki türlü akış meydana gelir. Bu durum hücre ve ozmo-aktif çözelti arasında kimyasal potansiyel dengesi kurulana kadar devam eder (Lee ve Lim, 2011). Difüzyonla çözelti geçişi, ürünün başlangıç ağırlığının genellikle % 5-10' u kadardır (Kamiloğlu ve ark., 2021). Bu miktar, sadece son ürünün tadını ve bileşimini değiştirmenin dışında kütle transferi için ek bir direnç oluşturarak ürünün yüzey tabakasını bloke eder ve dehidrasyon hızı düşer. Kütle transferi kurutma periyodunun ilk aşamalarında daha hızlı olup, kütle transfer hızı zamanla kademeli olarak azalmaktadır (Eren ve Ertekin, 2007; Kamiloğlu ve ark., 2021).

Suda çözünebilen herhangi bir çözünen kullanılabilmesine rağmen, şeker (dekstroz, sakkaroz, esmer şeker, mısır şurubu, laktoz, bal, melas ve maltodekstrin) ve tuz (sodyum klorür) çoğunlukla ozmotik ajan olarak tercih edilen maddelerdendir (Kamiloğlu ve ark., 2021). Ozmotik dehidrasyon ile meyvelerin kurutulmasında ozmotik çözelti olarak şeker, bal, meyve suyu, limon suyu, askorbik asit çözeltisi ve sitrik asit çözeltisi kullanılmıştır (Abano ve Sam-

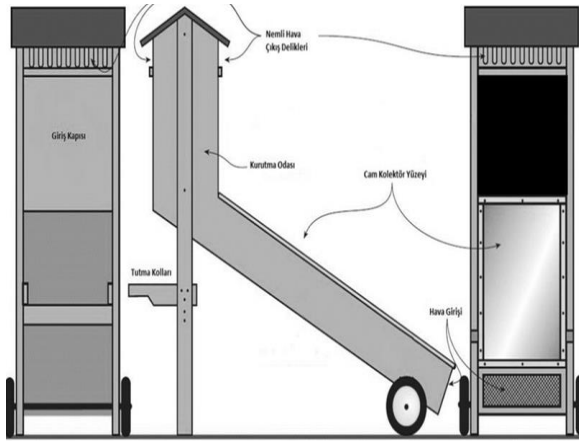
Amoah, 2011; Pandya ve Yadav, 2014; Gürel ve ark., 2016). Ozmotik olarak dehidre edildikten sonra kurutulan örneklerin renk, doku ve aroma gibi duyuşal özellikleri ve su alma yeteneği yüksek ürünler oldukları belirtilmektedir (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017). Bu işlem sayesinde mümkün olduğu kadar taze ve dayanıklı kuru meyve elde edildiği için kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Ozmotik dehidrasyon ve güneş enerjili kurutma işleminin birlikte kullanılmasının raf ömrü uzun ve kaliteli kuru meyve üretiminde kullanımı giderek önem kazanacağı düşünölmektedir.

Literatürde çeşitli kurutma yöntemlerinin bir arada kullanıldığı hibrit kurutma teknikleri olarak vakum kurutma, mikrodalgalı kurutma ve ozmotik dehidrasyon gibi kurutma teknikleri birlikte kullanılmıştır (Karaaslan, 2012). Böylece kurutma işleminde kurutulacak üründe kalite özellikleri korunurken zaman ve enerji tasarrufu sağlanmıştır. Ozmosolar dehidrasyon, ozmotik dehidrasyon ve güneş enerjili kurutma yöntemlerinin bir arada kullanıldığı hibrit bir kurutma yöntemidir (Yıldız ve Akkari, 2021). Bu kurutma yönteminde ürün kurutucuya girmeden önce gıdanın yapısındaki su ozmotik dehidrasyonla uzaklaştırıldığı için güneş enerjili kurutucunun yükü azalır dolayısıyla toplam üretim maliyeti düşer. Bu tip hibrit kurutma işlemi düşük sıcaklıklarda gerçekleşmekte olup, gıdada aroma kaybı ve esmerleşme gibi ısısız zararlar daha azdır. Bu şekilde, daha yoğun, renk, doku ve görünüş bakımından kaliteli, aroma ve tat açısından kabul edilebilir kuru ürün elde edilmektedir.

Bu çalışmada belirli dilim kalınlığına sahip kivi halkaları, sadece ozmotik dehidrasyon (OD), sadece raflı doğal konvektif güneş enerjili kurutucu (SD) ve ozmotik dehidrasyon uygulanmış daha sonra raflı doğal konvektif güneş enerjili kurutucuda birlikte kurutulduğu ozmosolar dehidrasyon (OSD) ile kurutulmuştur.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu çalışma kapsamında kivi kurutmada Şekil 1'de gösterilen çok raflı doğal taşınımı güneş enerjili kurutucu kullanılmıştır. Güneş enerjili raflı kurutucudaki deneylere başlanmadan önce termal dengeye gelmesi için güneş altında bir saat bekletilmiştir. Deneyler, Tarsus da global ışınım değerlerinin, güneşlenme süresi ile güneş ışınım şiddetinin en yüksek ve en yakın olduğu Haziran ve Temmuz aylarında 09:30 ile 17:30 da yapılmıştır (Apaydın, 2007; Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021). Deneylerin gerçekleştiği ortam hava sıcaklığı en düşük 32°C ve en yüksek 37°C ölçölmüştür. Güneş enerjili kurutucu kabinindeki hava sıcaklığı en düşük 43°C ve en yüksek 50°C olarak ölçölmüştür.



Şekil 1. Çok raflı doğal taşınımlı güneş enerjili kurutucu. Deneylerde Haywatt türü yerli kivi kullanılmıştır. Taze kivi örnekleri, yerli soğuk hava deposundan zarar görmemiş aynı boyut ve olgunlukta olanları seçilerek alınmıştır. Örnekler kullanılana kadar 4°C de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Kabukları soyulan kiviler, dijital kumpas ile dilim kalınlığı 3±0.1 mm ayarlanarak halka şeklinde dilimlenmiştir. Kivi halkaları ozmotik dehidrasyon işlemi için oda sıcaklığında %20 (w:v) sakkaroz çözeltisine daldırılmıştır. Ozmosolar dehidrasyon kurutma işlemi için kivi halkaları oda sıcaklığında %20'lik sakkaroz çözeltisinde iki saat bekletildikten sonra çözeltiden süzülerek çıkarılmış ve daha sonra güneş enerjili kurutucunun ilk rafına dizilerek kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon işleminin güneş enerjili kurutucuda kurutma üzerine etkisinin olup olmadığını belirlemek için ozmotik dehidrasyon uygulanmamış kivi halkaları güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Kuruma süresi boyunca ağırlık ölçümlerinden nem kaybı, kivi halkalarının çap ölçümlerinden çapsal büzülme oranı ve a\* renk parametresi değişimi belirlenmiştir. Deneylerde kurutma işlemi öncesi ve sonrası ölçümler, üç defa tekrarlanarak yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Deney sonucunda nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve renk değişimi gibi kurutma verileri aşağıdaki eşitlik 1 ve 2 yardımıyla belirlenmiştir (Aboud, 2013; Pandya ve Yadav, 2014).

$$\text{Nem Kaybı} = \frac{M_0 - M_s}{M_0} \quad (1)$$

$$\text{Çapsal Büzülme Oranı} = \frac{D_0 - D_s}{D_0} \quad (2)$$

Eşitlik 1'de yer alan  $M_0$  ve  $M_s$  sırasıyla kivi halkalarının kurutma öncesi ve kurutma sonrası ağırlıklarını (g), eşitlik 2'de yer alan  $D_0$  ve  $D_s$  ise kurutma öncesi ve kurutma sonrası örnek çapını (mm) ifade etmektedir.

Kivi halkalarının kurutma sırasındaki renk değişimi, kuru ürün kalitesini olumsuz etkileyen bir parametredir. Kivi halkalarının esmerleşme sonucunda kararmasını engellemek için kivi halkaları önce belirli derişimdeki sakkaroz çözeltisine daldırılmıştır. Kivi halkaları yeşil renkli olup, zamanla yeşil-kahverengi renk alır. Kivi için a\* değeri (yeşillik) renk analizinde önemli olduğu için çalışmada renk parametrelerinden a\* değeri belirlenmiştir. Kırmızı-yeşil renk değerini hakkında bilgi veren a\* değeri, (-60) ile (+60) arasında değişir. a\* nın pozitif değeri kırmızı (+60) ve negatif değeri (-60) yeşil rengi ifade eder (Askari ve ark., 2008; Yıldız ve ark., 2015). Kurutma öncesi ve sonrası kivi halkalarının renk parametreleri olan a\* değerleri FRU marka WR18 kolorimetre ile belirlenmiştir. Renk ölçümü üç defa yapılmış ve ortalama değer alınmıştır. a\* yeşil renk parametresindeki değişim aşağıdaki eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır. a<sub>0</sub> taze kivi halkalarına ait ve a\* kurutma periyodu sonrası a\* renk parametresini göstermektedir.

$$\frac{\Delta a}{a_0} = \frac{a_0 - a}{a_0} \quad (3)$$

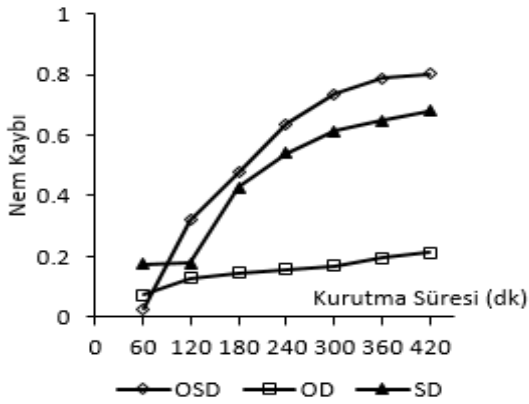
#### BULGULAR VE TARTIŞMA

Kurutma performans ölçütleri olan nem kaybı, büzülme oranı ve renk değişimi için üç tekrarlı olarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1 de kivi halkalarının farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmasına ait nem kaybı, büzülme oranı ve renk değişimi değerlerinin ortalama değerleri ve standart sapmaları (sd) verilmiştir. Örneklerdeki rengin homojen olmamasından dolayı renk değişimindeki standart sapma diğer kurutma ölçütlerine göre fazla olduğu belirlenmiştir.

3 mm dilim kalınlığına sahip kivi halkaları, ozmotik dehidrasyon, güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon olmak üzere üç farklı yöntemle kurutulmuştur. Kivi halkalarının ozmotik dehidrasyon, güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon kurutma yöntemleri sonucunda kurutma süresi boyunca nem kaybı değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den görüldüğü gibi kurutma süresi boyunca nem kaybı artmıştır. En fazla nem kaybı, ozmosolar dehidrasyon kurutmada görülmüştür. Güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon kurutma yöntemlerinde nem kaybında altıncı saatten sonra önemli bir değişim görülmemiştir. Ozmotik dehidrasyon ile kurutma işleminde ise nem kaybı kurutma süresi boyunca artmasına rağmen bu artış diğer iki yöntemdeki kurutmadaki nem kaybindan çok azdır. Şeker gibi ozmotik dehidrasyonda kullanılan bazı bileşikler, hücre içine difüze olmadan dış yüzeyde bir tabaka oluşturabilmektedir. Gıdanın dış yüzeyinde bir katman oluştuğu için kütle transferi yavaşlar ve kurutma süresi sonunda nem kaybı giderek azalır (Kamiloğlu ve ark., 2021; Çınar, 2009).

Çizelge 1. Kivi halkalarının kurutma performans değerleri

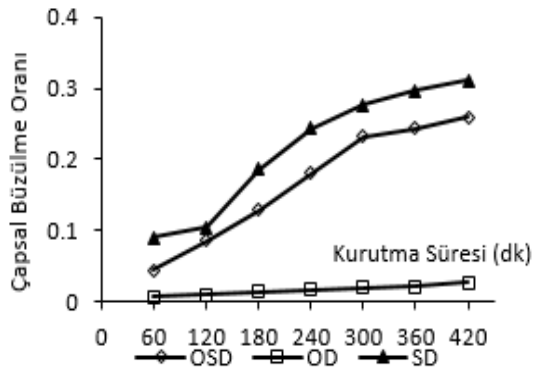
Kurutma Performans Ölçütleri	Kurutma Türü	Ortalama±sd						
		Kurutma Süresi (dk)						
		60	120	180	240	300	360	420
Nem Kaybı	OSD	0.026±0.002	0.320±0.023	0.476±0.028	0.638±0.019	0.736±0.013	0.789±0.009	0.801±0.008
	OD	0.072±0.005	0.129±0.016	0.145±0.014	0.157±0.014	0.168±0.012	0.196±0.010	0.387±0.076
	SD	0.175±0.000	0.179±0.048	0.428±0.006	0.540±0.027	0.613±0.017	0.649±0.027	0.680±0.021
Büzülme Oranı	OSD	0.090±0.007	0.105±0.027	0.187±0.038	0.243±0.049	0.277±0.037	0.296±0.038	0.312±0.012
	OD	0.006±0.001	0.010±0.001	0.013±0.003	0.016±0.002	0.020±0.001	0.021±0.002	0.026±0.002
	SD	0.044±0.010	0.085±0.009	0.128±0.021	0.180±0.030	0.231±0.031	0.243±0.034	0.260±0.039
Renk	OSD	0.140±0.113	0.152±0.04	0.145±0.110	0.167±0.089	0.134±0.068	0.412±0.063	0.563±0.029
	OD	-0.012±0.064	-0.070±0.029	-0.109±0.022	-0.209±0.024	-0.211±0.071	-0.267±0.048	-0.304±0.060
	SD	0.031±0.008	0.061±0.023	0.067±0.088	0.125±0.072	0.314±0.029	0.374±0.063	0.648±0.049
Kurutma Hızı Değişimi	OSD	0.025±0.003	0.022±0.004	0.021±0.002	0.020±0.009	0.019±0.009	0.017±0.001	0.014±0.001
	OD	0.009±0.000	0.007±0.001	0.006±0.000	0.005±0.000	0.004±0.000	0.004±0.002	0.004±0.000
	SD	0.027±0.004	0.022±0.003	0.020±0.000	0.019±0.001	0.017±0.000	0.015±0.001	0.013±0.000



Şekil 2. Kurutma süresi ile nem kaybı değişimi

Kurutma sırasında meydana gelen temel fiziksel değişimlerden biri olan büzülme, üründen nem kaybı sonucu oluşur. Üründeki aşırı büzülme, ürünün gevrekliğini azaltır. Kivi halkalarının ozmotik dehidrasyon, güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon kurutma yöntemleri sonucunda kurutma süresi boyunca çapsal büzülme oranı değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Ozmosolar dehidrasyon kurutma yönteminde nem kaybı fazla olmasına rağmen büzülme oranı ozmotik dehidrasyon ön kurutma işleminin etkisinden dolayı daha az olduğu görülmüştür. Ozmosolar dehidrasyon kurutma yönteminde yaklaşık % 64 nem kaybı 240 dk sonunda gerçekleşirken güneş enerjili kurutucuda bu nem içeriğine 360 dk sonunda ulaşmıştır. Güneş enerjili kurutucuda kurutma öncesi uygulanan ozmotik dehidrasyon ön kurutma işlemi kurutma süresini kısaltmıştır. Güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon kurutma

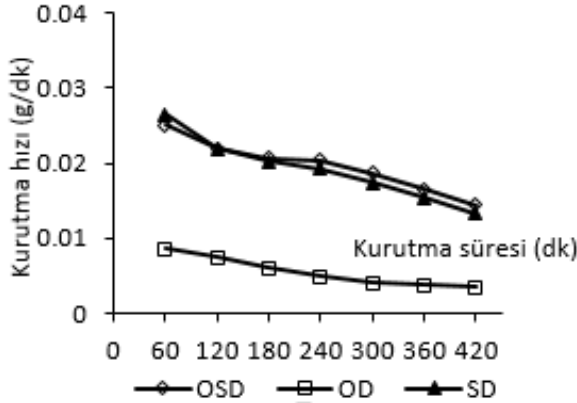
işlemlerinde ozmotik dehidrasyon kurutmaya göre kurutma işlemi daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesi ve gıdanın yüzeyinden birim zamanda transfer olan su miktarının artması nedeniyle büzülme oranı daha fazladır. Kivinin büzülmesi kurutmanın başlangıç aşamalarında daha yüksektir. Ozmotik dehidrasyon kurutma ile kuruma süresi boyunca önemli miktarda büzülme görülmemiştir. Ozmotik dehidrasyon ile kurutma büzülme oranını azaltmaktadır. Kurutulan üründeki su difüzyonla ve çözülebilir maddeler ise taşınım ile ozmotik çözeltiye transfer olurken sakkarozun ürüne geçişinden dolayı büzülmenin etkisi daha azdır (Taiwo ve Adeyemi, 2009).



Şekil 3. Kurutma süresi ile büzülme oranı değişimi

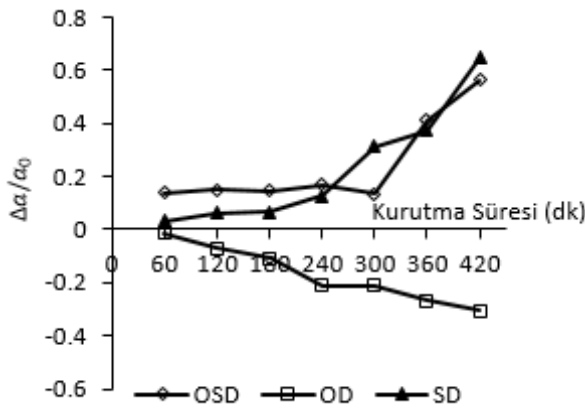
Kivi halkalarının ozmotik dehidrasyon, güneş enerjili kurutucu ve ozmosolar dehidrasyon kurutma yöntemleri sonucunda kurutma hızının kurutma süresi ile değişimi Şekil 4 de verilmiştir. Büzülme oranı kurutma hızını

etkilemektedir (Hatami ve ark., 2017). Büzülme ile ürün yüzeyi daralır ve yüzey sertleşerek nem kaybına direnç göstermesinden dolayı kurutma hızı düşer. Kurutma süresi boyunca büzülme oranı arttığı için kurutma hızı da zamanla düşmektedir (Yokuş, 2014).



Şekil 4. Kurutma süresi ile kurutma hızı değişimi

Kurutulmuş ürün seçiminde tüketicinin kararını etkileyen en önemli özelliklerden biri renk kriteridir. Üç kurutma yöntemi sonucunda kurutma süresi boyunca kivi halkalarındaki a\* renk parametresindeki değişim Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Kurutma süresi ile a\* renginin değişimi

Kurutmada renk değişimi kuruma süresine bağlı olarak değişmektedir. Kurutma süresi arttıkça renk değişimi artmıştır (Kamiloğlu ve ark., 2021). Üründen uzaklaşan nem miktarı arttıkça renk değişimi artmaktadır (Hatami ve ark., 2017). Kivi halkaları yeşil renkli olup, zaman ve ısı etkisiyle klorofil ve karetonoid pigmentleri bozularak kahverengi pigmentler oluşmakta kahverengileşme meydana gelmektedir (Mohammadi ve ark., 2008). Kivi kururken a\* değeri pozitif değer olarak kırmızı renge doğru kayar (Maskan, 2001). Güneş enerjili kurutma ve ozmosolar dehidrasyonda kivi halkaları kurutma süresi boyunca yeşil rengini kaybedip, kahverengileştiği için a\* renk değişimi pozitif olmuştur. Bu iki kurutma yönteminde a\* renk değişimi zamanla artmıştır. Güneş enerjili kurutmada a\* renk değişimi daha fazla olmuştur. Güneşte kurutulan üründe polifenol

oksidaz enzimi sebebiyle enzimatik esmerleşme meydana gelmektedir. Bu yüzden bu enzimlerinin inaktive edilmesi ve ürünün oksijen ile temasının engellenmesi gerekmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda kurutulan ürünlerde de renk kayıpları söz konusu olduğu için düşük sıcaklıkta gerçekleşen ozmotik dehidrasyon işleminde renk kaybı daha azdır. Güneşte kurutulan ürünün rengi sıcaklık ve oksijenin etkisiyle yeşil renginden uzaklaşmıştır (Uğuz ve Gezici, 2021). Ozmotik dehidrasyon ile kivi halkalarının kurutulmasında a\* renk değişimi negatif çıkmıştır ve zamanla renk değişimi negatif yönde artmıştır. Kivi halkalarının uzun süre sakkaroz çözeltisinde kalması sonucunda kivi halkalarının rengi yeşilden kahverengiye doğru değişmiştir ancak güneş enerjili kurutucuda kurutmaya göre renk değişimi daha fazla korunmuştur. Ozmotik dehidrasyon ile kurutulan kivi halkalarında yeşil renk parametresi daha yüksek olduğundan renk değişimi negatif çıkmıştır. Ozmotik dehidrasyonun renk değişimini etkilediği görülmüştür.

## SONUÇ

Belirli dilim kalınlığındaki kivi halkaları, OD, SD ve OSD olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon ve güneş enerjili kurutucu da kurutma işleminin birlikte yapıldığı ozmosolar dehidrasyon kurutma işlemi ile nem kaybı artarken büzülme oranı azalmış ve renk değişimi daha az etkilenmiştir. Güneş ile kurutmada ozmotik dehidrasyona göre daha yüksek sıcaklıkta kurutma gerçekleştiğinden ürünün nem içeriği azalırken renk kaybı artmıştır. Kurutma işlemi öncesi uygulanan ön kurutma işlemi olan ozmotik dehidrasyonun güneş enerjili kurutma üzerinde önemli olumlu etkileri olduğu ortaya çıkmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abano EE, Sam-Amoah LK (2011) Effects of Different Pretreatments on Drying Characteristics of Banana Slices. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences* 6(3): 121-129.
- Aboud A (2013) Drying Characteristic of Banana Rings Undertaken The Effect of Passive Shelf Solar Dryer and Open Sun Drying. *Pakistan Journal of Nutrition* 12(3): 250-254.
- Albak F, Belibağlı KB (2010) Ozmotik Dehidrasyon Tekniğinin Sakız Kabağında Kullanımı. *Akademik Gıda* 8 (2): 6-10
- Apaydın N (2007) Aydın Yöresinde İncir Kurutmada Kullanılacak Olan Doğal Akımlı Bir Güneş Enerjili Kurutucunun Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Askari GR, Emam-Djomeh Z, Mousavi SM (2008) Investigation of the Effects of Microwave Treatment on the Optical Properties of Apple Rings During Drying. *Drying Technology* 26: 1362-1368
- Ceylan İ, Aktaş M, Doğan H (2006) Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Elma Kurutulması. *Politeknik Dergisi*, 9 (4): 289- 294.
- Çınar İ (2009) Ozmotik Dehidrasyon, Mekanizması ve Uygulamaları. *Gıda*, 34 (5): 325-329
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş enerjisi Potansiyel Atlası, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/33.aspx> (Erişim Tarihi: 01/03/2021)

- Eren I, Ertekin F (2007) Optimization of Osmotic Dehydration of Potato Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Engineering* 79: 344–352
- Ertekin C, Yıldız O (1998) Gelişen Ülkelerde Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Güneş Enerjisi Kullanımının Rolü. *Tarımsal Mekanizasyon* 18. Ulusal Kongresi, 17-18 Eylül 1998, Tekirdağ, 673-693.
- Gürel AE, Ceylan İ, Aktaş M (2016) Meyve ve Sebzelerin Kurutma Parametrelerinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji* 4(4): 267-273
- Hatami S, Sadeghi M, Mireei SA (2017) Indirect Forced Solar Drying of Banana Slices: Phenomenological Explanation of Non-isotropic Shrinkage and Color Changes Kinetics. *International Journal of Green Energy* 14(15):1277–1283
- Kamiloğlu A, Kantar NK, Elbir T (2021) Etlerde Ozmotik Dehidrasyon Uygulamaları. *European Journal of Science and Technology* 21: 534-542.
- Karaaslan S (2012) Meyve ve Sebzelerin Mikrodalga Destekli Kurutma Sistemleri ile Kurutulması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 7 (2):123-129
- Lee JS, Lim LS (2011) Osmo-dehydration Pretreatment for Drying of Pumpkin Slice. *International Food Research Journal* 18(4): 1223-1230
- Maskan M (2001) Kinetics of Colour Change of Kiwi fruits During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering* 48:169-175.
- Mohammadi A, Rafiee S, Emam-Djomeh Z, Keyhani A (2008) Kinetic Models for Colour Changes in Kiwifruit Slices During Hot Air Drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 4 (3): 376-383
- Nowakunda K, Andrés A, Fito P (2004) Osmotic Dehydration of Banana Slices As A Pretreatment for Drying Processes. In *The International Drying Symposium*, 22–25 August 2004, Brazil, 2077-2083.
- Pandya R, Yadav KC (2014) Study on Effect of Pretreatments and Microwave Drying on Banana Chips. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 7(7): 04-10.
- Silva Júnior AF, Silva WP, Farias AJE, Aires KLCF, Castro DS (2017) Osmotic Dehydration Kinetics of Banana Slices Considering Variable Diffusivities and Shrinkage. *International Journal of Food Properties* 20(6): 1313-1325.
- Taiwo KA, Adeyemi O (2009) Influence of Blanching on The Drying and Rehydration of Banana Slice. *African Journal of Food Science* 3(10): 307-315.
- Uğuz MT, Gezici A (2021) Ejder Meyvesinin Ozmotik Dehidrasyonu ve Kuruma Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *OKU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4 (2): 149-157
- Yıldız AK, Polatçı H, Uçun H (2015). Farklı Kurutma Şartlarında Muz Meyvesinin Kurutulması ve Kurutma Kinetiğinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi. *Tarım Makineleri Bilim Dergisi* 11(2): 173-178.
- Yıldız Z, Akkari M (2021) Use of Response Surface Method for The Prediction of Osmo-Solar Drying Behavior of Anamur Banana Rings. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(1):183-192.
- Yıldız Z, Gökayaz L (2019) Elma Dilimlerinin Farklı Güneş Kurutma Yöntemleri ile Kurutulması. *Journal of Food and Feed Science – Technology* 22: 29-36
- Yokuş B (2014) Farklı Ön İşlemlerin ve Uygulanan Farklı Kurutma Yöntemlerinin Elmada Toplam Fenol Miktarı ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.