



Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulması üzerine haşlama ön işleminin etkisi

Effect of scalding pretreatment on drying of banana rings in a solar dryer

Zehra YILDIZ¹

¹Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tarsus, Mersin.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.996574](https://doi.org/10.37908/mkutbd.996574)

Geliş tarihi / Received: 16.09.2021

Kabul tarihi / Accepted: 09.12.2021

Keywords:

Drying, thermal pretreatment, scalding, solar dryer.

✉ Corresponding author: Zehra YILDIZ

✉: zyildiz@tarsus.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The aim of this study is to determine the effect of scalding, which is applied as a thermal pre-drying process, on the solar drying process of banana rings.

Methods and Results: In this study, scalding method was applied as a thermal pretreatment. The blanched banana rings were then dried in a natural convective solar tray dryer. Water and citric acid in concentrations between 2.5-10% were used as scalding solution. The banana rings were scalded at a 80°C temperature and then dried in a solar dryer. The effects of drying conditions such as scalding solution concentration, scalding time and drying time in solar dryer on moisture loss, diametrical shrinkage rate and change in b color parameter were determined. Thermal pretreatment was found to be effective in drying the banana rings with the solar tray dryer. With the pre-treatment applied before solar drying, moisture loss and diametrical shrinkage rate of the banana rings increased during the drying period, and b yellow color change was observed to decrease.

Conclusions: Drying food products by exposing them to direct sunlight is a widely used traditional economic drying method. Since the solar drying process takes place at low temperature, the sensory properties and nutrient content of the product to be dried are partially preserved. The scalding pre-drying process applied before drying in the solar dryer can be applied as it provides more moisture loss in a shorter time and prevents color change.

Significance and Impact of the Study: Mersin province is one of the provinces that has a significant contribution to the country's economy, especially in fruit production. As well as Mersin has a high radiation potential, it ranks first in banana production. Economical and ecological drying process can be done by taking advantage of the heating effect of the sun and the positive effect of scalding.

Atıf / Citation: Yıldız Z (2022) Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulması üzerine haşlama ön işleminin etkisi. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 27(1) : 27-35. DOI: [10.37908/mkutbd.996574](https://doi.org/10.37908/mkutbd.996574)

GİRİŞ

Nakliye, depolama yetersizliği veya talebin üzerinde gerçekleşebilecek arz nedeni ile arta kalan yaş meyve ve sebzeler kurutulmuş olarak değerlendirilip katma değeri ve besin değeri yüksek bir ürüne dönüştürülebilir. Ancak birçok gıda ürünü yüksek sıcaklığa duyarlı olduğundan

yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kurutma işlemi kuru ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Geleneksel olarak kurutulacak ürünü doğrudan güneş ışığına maruz bırakılarak yapılan kurutma işlemi düşük sıcaklıkta gerçekleştiği için gıda ürünlerinin kalite özellikleri kısmen korunurken ürünlerin kurutulması vakit almaktadır. Ayrıca ürün açık havada kurutulduğundan hijyenik son

ürünler elde edilememektedir. Bu sebeple akışkanlaştırılmış yatak kurutma, vakumda kurutma, infared kurutma, solar kurutma ve mikrodalga kurutma gibi çeşitli yöntemler gıda ürünlerinin kurutulmasında kullanılmaktadır (Aktaş ve ark., 2006; Yıldız, 2021). Kurutma ön işlemi, ürünün kurutucuya girmeden önce nem içeriğinin düşürülmesi ile kurutucu yükünün azaltılması, daha düşük sıcaklıkta daha kısa sürede kurutma işleminin gerçekleşmesi, renk, tat, doku ve besin değerlerinin korunması veya artırılması, mikroorganizma aktivitelerinin engellenmesi ile raf ömrü uzun ürünlerin sağlanması için gerçekleştirilen işlemlerdir. Osmotikdehidrasyon, kükürtleme, sıcak daldırma, soğuk daldırma, soğutma, dondurma, haşlama ve tuzlama gibi ön kurutma işlemleri bulunmaktadır (Özler ve ark., 2004; Taiwo ve Adeyemi, 2009; Yokuş, 2014; Romano ve ark., 2010). Haşlama ve sıcak daldırma kurutma ön işlemleri ısıl ön kurutma işlemi olarak adlandırılabilir. Daldırma kurutma ön işlemi, enzim aktivitesini engelleyerek depolanma ve kurutma sırasında oluşabilecek istenmeyen tat, aroma ve renk değişimlerini önler. Bununla beraber daldırma işlemi ürünlerin hızlı kurumasını sağlar (Gürel ve ark., 2016). Çözelti sıcaklığına bağlı olarak daldırma ön işlemi, sıcak daldırma ve soğuk daldırma olarak iki gruba ayrılır. Soğuk daldırmada çözelti sıcaklığı ortam sıcaklığında veya çok az üzerindedir. Soğuk daldırmada renk açısından daha kaliteli son ürünler elde edilebilir. Sıcak daldırmada ise çözelti sıcaklığı soğuk daldırma sıcaklığından daha yüksektir ve kuruma hızı soğuk daldırmaya göre daha fazladır (Anonim, 2010). Meyveler genellikle asidik solüsyonlara daldırılır. Meyvelerin kurutma ve depolama sürecinde özellikle renk değişimlerini önlemek amacıyla askorbik asit, sitrik asit, malik asit gibi asitler, tokoferoller, sistein gibi doğal antioksidantlar ve etil oleat gibi çözeltiler kullanılır (Romano ve ark., 2010; Gürel ve ark., 2016). Haşlama, genellikle sebzelere uygulanan bir işlem olmakla beraber bazı meyveler içinde uygulanabilmektedir. Haşlama, ürün kalitesini olumsuz bir şekilde etkileyen yaygın enzimleri inaktif ederek mikroorganizma yükünü azaltılır. Haşlama işlemi pek çok sebze ve meyvenin rengini daha parlak hâle getirmektedir. Doku yumuşaması gerçekleştiğinden kurutma için gerekli süre kısalırken doku kayıpları gerçekleşir. Haşlanacak ürünün boyutlarına göre haşlama sıcaklığı ve süresi değişmektedir. Boyut büyük ise haşlama sıcaklığı düşer, süre uzar. Ayrıca, haşlama sıcaklığı yüksek ve haşlama süresi düşük ise ürünün dış kısımları dağılırken iç kısımları yeterince haşlanmaz. Bu nedenle 80-100°C'de haşlama gerçekleştirilir (Anonim, 2013). Haşlama, geleneksel, buharla veya mikrodalga ile yapılmaktadır. Haşlama işleminde suyun dışında sitrik

asit ve askorbik asit gibi organik asitlerde kullanılmaktadır (Gençdağ, 2017). Haşlama suyuna asit ilavesi işlemi hızlandırmaktadır (Anonim, 2010).

Muz, karbonhidrat, şeker, lif, mineral ve vitamin içeriği yüksek, yağ oranı düşük tropikal bir meyvedir. Muzun karakteristik aroması, asetatlar, bütanoatlar ve 3-metilbütül esterler gibi kısa zincirli esterler ve yağ asidi gibi bileşiklerin kompleks karışımından kaynaklanır (Barroca ve Guiné, 2013). Muzun kimyasal içeriği, besin değeri ve duyuşal özellikleri iklim koşulları, toprak bileşimi, yetiştirildiği bölge, tarım uygulamaları, depolama ve pazarlama koşulları gibi faktörlerden etkilenmektedir. Muz hasat edildikten sonra rengi, dokusu ve tadı depolama sırasında zarar görür. Kurutma işlemi, ürünün nem içeriği ve su aktivitesini düşürerek bozulmasını önler ancak ürün kalitesi özellikle renk ve tat ısıl işleme duyarlıdır (Romano ve ark., 2010). Muzu kurutmak için vakum altında kurutma, mikrodalga kurutma, osmotikdehidrasyon, güneşte kurutma ve konvektif kurutma gibi birçok kurutma yöntemi kullanılmıştır (Romano ve ark., 2010; Pandya ve Yadav, 2014; Venkateshamamba ve ark., 2017).

Mersin, Türkiye sebze üretiminde %7,1'lik payı ile ikinci sırada, meyve üretiminin %13'ünü karşılayarak birinci sırada yer alan bir şehirdir. Mersin, muz yetiştiriciliğinde %56 lık payla Türkiye'de ilk sırada yer almakta olup, yüksek verimliliği ve bütün yıl boyunca ürün vermesi nedeniyle bölge tarımında önemli bir yere sahiptir (Anonim, 2020). Türkiye'de muz yetiştiriciliğinin ana üretim alanları Mersin'e bağlı Anamur ve Bozyazı ilçeleri ile Antalya ilinin Alanya ve Gazipaşa ilçeleridir (Soylu ve Faruk, 2021).

Mersin, güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi Türkiye ortalamasından yüksek olan bir ildir. Bu sebeple, muz halkaları güneş enerjisi destekli bir kurutucu ile kurutulmuştur. Bu çalışmada ısıl ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış muz halkaları çok raflı doğal konvektif güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Şekil 1'de gösterilen çok raflı doğal konvektif güneş enerjili kurutucu kullanılmıştır. Kurutucu, güneş kolektörü (toplaç), kurutma odası ve bacadan oluşmaktadır. Kurutucu odası içerisine kolay çıkarılıp takılabilen çelik delikli raflar yerleştirilmiştir. Kurutma kabin yüzeyinin ve toplaç plakalarının siyaha boyalı olması nedeniyle kabin yüzeyleri ve dolayısıyla kabinin içi de ısınır. Güneş ışınları toplaç yüzeyinde toplanarak ısı enerjisine çevrilmekte ve ısı doğal konveksiyonla kurutma kabinindeki havaya aktarılmaktadır. Isınan hava önce kurutma odasından

daha sonra ürünlerin yerleştirildiği raflardan geçerek çıkış bacasından nemli hava dışarı atılarak kurutma işlemi tamamlanmaktadır.



Şekil 1. Çok raflı doğal konvektif güneş enerjili kurutucu

Figure 1. Natural convective solar tray dryer

Deneyler, güneş ışınımının şiddetinin en yüksek ve birbirine en yakın olduğu Haziran ve Temmuz aylarında Mersin ilinin Tarsus ilçesinde yapılmıştır. Tarsus global radyasyon değeri Haziran ayında ortalama 6.69 kWh/m²-gün ve Temmuz ayında ise 6.09 kWh/m²-gün dür. Güneşlenme süresi Haziran da 11.19 saat ve Temmuz güneşlenme süresi 11.63 saattir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021). Deneyler sıcaklık ve güneş ışınım şiddetinin en yüksek olduğu saatlerde 09:30 ile 17:30 da yapılmıştır (Apaydın, 2007).

Güneş enerjili raflı kurutucu, deneylere başlanmadan önce termal dengeye gelmesi için güneş altında bir saat bekletilmiştir. Kurutma kabin hava sıcaklığı ve nemi CEM marka DT-802 model hava kalitesi ölçüm cihazı ile takip edilmiştir. Kurutucu da gerçekleştirilen deneylerde kurutucu kabindeki ortalama hava sıcaklığı 45.47 °C ve nemi % 34.01 dir. Ortalama dış hava sıcaklığı 39.73 °C ve nem değeri % 42.36, gölgede dış hava sıcaklığı 31.17 °C ve nem değeri % 62.83 dir.

Kurutma materyali olarak Anamur muzunu kullanılmıştır. Muzun kabuğu çıkarıldıktan sonra 3 mm dilim kalınlığında halka şeklinde dilimlenmiştir. Isıl ön işlem, sabit sıcaklık su banyosunda ağzı kapalı 400 mL'lik cam erlenler içinde gerçekleştirilmiştir.

Çözelti içerisinden alınan dilimlenmiş muz halkalarının fazla suyu süzdürüldükten sonra kurutma işlemleri için kurutucu raflarına yerleştirilmiştir. Haşlama işleminde kullanılacak suyun sıcaklığı 80-100°C arasında olması gerektiğinden muz halkaları 80°C deki suda haşlanmıştır (Anonim, 2013). Haşlama suyuna asit ilavesi, işlemi hızlandırdığı ve renkteki kahverengileşmeyi engellediği

için farklı derişimlerde sitrik asit çözeltisi haşlamada kullanılmıştır (Anonim, 2010). Haşlama için en uygun sitrik asit derişimi bulunduktan sonra en uygun ısıl işlem süresinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Haşlama ısıl ön işlem deneyleri, 80°C sıcaklıkta belirlenen sürede (0-60 dk) su ve farklı sitrik asit derişimlerinde (%2.5-10) yapılmıştır.

Kurutmaya etki eden faktörler olarak çözelti derişimi, ön işlem süresi ve güneş enerjili kurutucudaki kurutma süresi seçilmiştir. Kurutma öncesi ve sonrası kütle, çap ölçümleri ve renk analizi üç örnek için yapılmıştır. Deneylerde kurutma işlemi öncesi ve sonrası kütle ISOLAB marka 602.31.002 model 0.001 hassasiyetinde hassas terazi ile belirlenmiş ve ortalaması alınmıştır. Muz halkalarının çapları ise 0.01 mm hassasiyetinde paslanmaz çelik gövdeli 150 mm CETA FORM dijital kumpasla belirlenmiştir. Elde edilen bu verilerden aşağıdaki eşitlik (1) ve (2) yardımıyla nem kaybı ve çapsal büzülme oranı belirlenmiştir (Aboud, 2013; Darıcı ve Şen, 2012; Pandya ve Yadav, 2014).

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

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

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

Muz halkaları beyaz-sarı renklerinde olup, zamanla sarı-kahverengi renk alır. Bu yüzden muz kurutulmasında b değerleri renk analizinde daha önemlidir. b değeri mavi-sarı renk hakkında bilgi verir. b pozitif değeri sarı ve b negatif değeri mavi rengi ifade eder (Yıldız ve ark., 2015; Askari ve ark., 2008). Kurutma öncesi ve sonrası muz halkalarının renk parametreleri b değerleri ColorMeter marka Pro model renk tarama ölçüm cihazı ile belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Muz halkalarının kurutulmasında çeşitli haşlama çözeltileri denenmiş ve en etkili çözeltinin sitrik asit olduğu görülmüştür (Abano ve Sam-Amoah, 2011; Yıldız, 2021). Bu çalışmada haşlama için saf su, %2.5, %5, %7.5 ve %10 (w/v) sitrik asit çözeltileri kullanılmış ve 10 dakika haşlama yapılmıştır. En uygun derişim belirlendikten sonra muz halkaları 10, 30 ve 60 dk boyunca belirlenen derişimde 60°C de sitrik asit çözeltisinde haşlanmıştır.

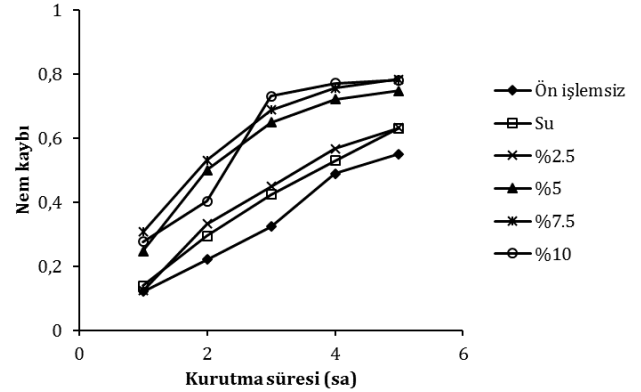
Haşlamadan sonra muz halkaları güneş enerjili kurutucu kabinindeki raflara dizilerek kurutulmuştur. Ayrıca haşlama işleminin etkili olup olmadığını belirlemek için haşlanmamış muz halkaları da güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Kurutma süresi boyunca yaş baza göre nem kaybı değişimi, büzülme oranı ve b renk parametresi gibi kurutma performans değerleri belirlenmiştir. Deneyler sonunda kurutma işlemi için en uygun derişim ve haşlama süresi belirlenmiştir.

Şekil 2, şekil 3 ve şekil 4 de haşlanmamış, suda ve farklı sitrik asit derişimlerinde güneşte kurutma süresi boyunca sırasıyla nem kaybı, büzülme oranı ve b renk değeri verilmiştir.

Kurutma işlemi sırasında yapılan ölçümlerin başında nem kaybından kaynaklanan kütle değişimi gelmektedir. Kütle değişimi sürekli takip edilerek, ürünün anlık nem içeriği belirlenerek kurutucu sistemin anlık performansı bulunabilir. Kurutma sırasında kütle değişimi ölçülerek zamana göre nem içeriği değişimi kurutma çalışmalarının birçoğunda incelenmiştir. %80 nem içeriğine sahip muzun güvenli depolaması için yaş baza göre sahip olması gereken son nem içeriği %15 dir. Ön işlem gören muz halkaları 6-10 saat arasında kurumaktadır (Gürel ve ark., 2016). Şekil 2'de haşlanmamış (ön işlemsiz), su ve farklı derişimlerde sitrik asit çözeltisinde daldırılan muz halkalarının güneş enerjili kurutucu da zamanla nem kaybındaki değişimi verilmiştir. Kurutma süresi boyunca muz halkalarının nem kaybı artmıştır. Zamanla güneş enerjili kurutucuda güneş enerjisi ışınlamaya bağlı olarak hava sıcaklığının artması gıda matrisinden nem difüzyonunu ve yüzeyden su buharlaşmasını arttırdığından nem kaybı da artar. Benzer sonuçlar, elma dilimleri için Aktas ve ark. (2009), domates dilimleri için Abano ve ark. (2014), kırmızı biber için Çakır (2015) ve sarımsak dilimleri için Nwakuba ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilmiştir.

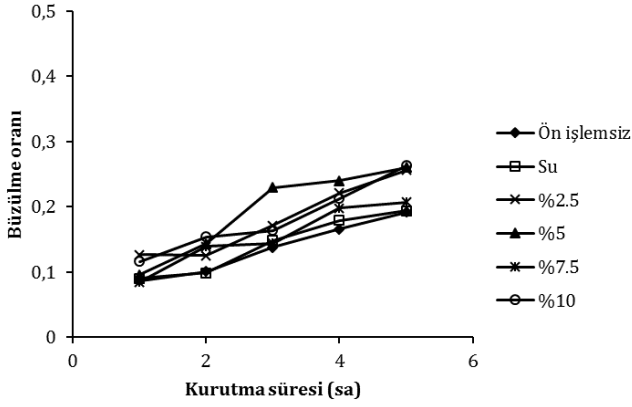
Ön işlemsiz örneklerde en az nem kaybı olmuştur. Muz halkalarının güneş enerjili kurutucu ile kurutulması öncesi uygulanacak haşlama işleminin kurutma performansına olumlu etki yaptığı görülmüştür. Muz halkalarının kurutulmasında nem kaybı sitrik asit çözeltisinde haşlamaya göre su da haşlama da daha azdır. Haşlama suyuna asit ilavesi nem kaybını arttırmıştır. Sitrik asit çözeltisinin derişimi arttıkça nem kaybı zamanla artmıştır. En fazla nem kaybı %7.5-10 çözelti derişiminde görülmüştür. Beş saatlik kurutma periyodunun sonunda ön işlemsiz kurutmada nem kaybı %55 iken %7.5 luk sitrik asitte haşlanan muz halkalarındaki nem kaybı %78 olmuştur. Kurutma öncesi haşlama işlemi uygulandığında, ürünün su kaybı daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Farklı sitrik asit derişimlerinde haşlanana muz halkaları beş saat güneş

enerjili kurutucuda kurutma işlemi sonunda ortalama son nem içeriği %8-%10 arasında değişmektedir. Kurutma öncesi çözeltiye daldırılan meyvenin gözenekleri güneşte kurutma süresince dolarak genişler. Böylece ön işlem örneklerden nem giderme oranını arttırır (Abano and Sam-Amoah, 2011). Ayrıca meyvelerin dokusu haşlama işlemi ile yumuşar nem kaybı ile beraber şeker kaybı da meydana gelebilir (Şen, 2013).



Şekil 2. Haşlanmamış ve haşlanmış muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda zamanla nem kaybı değişimi
Figure 2. Moisture loss variation of scalded and unscalded banana rings in solar dryer with drying time

Şekil 3'de ön işlemsiz, su ve farklı derişimlerde sitrik asit çözeltisinde haşlanan muz halkalarının güneş enerjili kurutucu da zamanla büzülme oranındaki değişimi verilmiştir. Kurutma süresi boyunca muz halkalarının büzülme oranları nem kaybındaki artış ile beraber artmıştır. Ön işlemsiz ve suya daldırılan muz halkalarında büzülme oranı düşüktür. En fazla büzülme oranı %5 lik sitrik asit çözeltisinde haşlanan muz halkalarında olmuştur. Daha yüksek derişimlerde haşlama ile dokuda yumuşama ve dağılma gerçekleştiğinden çapsal büzülme daha az olmuştur. Beş saatlik kurutma periyodunun sonunda ön işlemsiz kurutmada büzülme oranı %19 iken %10'luk sitrik asitte haşlanan muz halkalarında büzülme oranı en fazla %26 olmuştur. Haşlama işlemi ile yumuşayan dokuya su alarak şişen meyve güneşte kurutma işlemi ile sertleşerek büzülür (Şen, 2013). Bu sebeple büzülme oranındaki değişim ön işlemsiz kurutma da daha fazladır. Heybeli ve Ertekin (2007) yaptıkları çalışmada elma dilimlerinin güneş enerjili kurutma işleminde volumetrik büzülme oranının nem içeriği ile arttığı belirlenmiştir.



Şekil 3. Haşlanmış ve haşlanmamış muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda zamanla büzülme oranı değişimi

Figure 3. Shrinkage ratio variation of scalded and unscalded banana rings over time in solar dryer

Kurutma süresi boyunca ön işlemsiz ve farklı derişimlerde sitrik asit çözeltilerinde haşlanan muz halkalarının b renk parametresindeki değişimi Şekil 4'de verilmiştir. b değeri pozitif (+60) dan mavi değer (-60) a kadar değişir (Askari ve ark., 2008). Deneylerde kullanılan muz halkalarının b değerleri 30-60 arasında değişmiştir. Muz halkalarının rengi kurutma süresi boyunca beyaz-sarı renkten sarı-kahverengiye doğru değişmiştir. Bu yüzden b sarılık renk parametresindeki değişim kurutma süresince azalmıştır. Ön işlemsiz ve su da haşlanan muz halkalarında kararmayla beraber b değerleri sitrik asit çözeltilerinde haşlanan muz halkalarına göre daha düşüktür. Kurutulan ürünlerdeki kararma gibi renk değişimi, parlaklık (L değeri) gibi ısıya duyarlı pigmentlerin zarar görmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Haşlama işlemi pek çok sebze ve meyvenin rengini daha parlak hale getirmektedir (Şat ve Öz, 2015). Meyvelerin sitrik asit gibi asidik çözeltilere daldırılması kahverengileşme ve enzimatik olmayan Maillard reaksiyonunu engellediği bilinmektedir (Maskan, 2001).

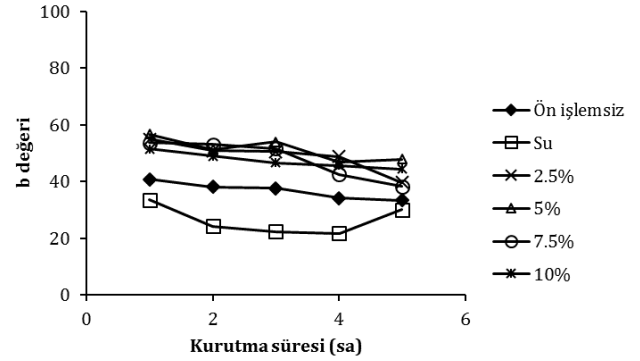
Çizelge 1. Farklı sitrik asit çözeltilerinde haşlanan muz halkalarının kurutulmasına ait varyans analiz tablosu
Table 1. Variance analysis table for solar drying banana rings scalded in different citric acid solution

Varyasyon Kaynakları	df	Nem kaybı	Büzülme oranı	b değeri
Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi (A)	4	***	***	***
Haşlama çözeltileri derişimi (B)	5	-	***	***
AB	20	-	-	-
Hata	60			

(***)=p<0.001; (**)=p<0.01; (*)=p<0.05; (-)=önemli değil.

Şekil 5, şekil 6 ve şekil 7 de haşlama süresinin sırasıyla nem kaybı, büzülme oranı ve b sarı renk değişimi üzerine etkisi verilmiştir. Haşlama işlemi üzerine haşlama

Maillard kahverengileşme reaksiyonunda amino asit ve sakkaroz reaksiyonları kahverengileşmenin ana sebebidir. Düşük nem içeriği, yüksek kurutma sıcaklığı ve uzun kurutma süresi kahverengileşmeyi arttırmaktadır (Hatami ve ark., 2017). Meyvelerin kurutulmasında enzimatik renk esmerleşmesini tamamen ortadan kaldırmak için meyveler haşlanabilir (Şen, 2013).

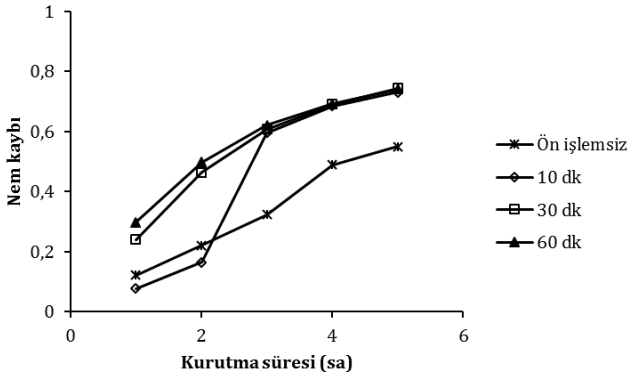


Şekil 4. Haşlanmış ve haşlanmamış muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda zamanla b değeri değişimi
Figure 4. b value variation of scalded and unscalded banana rings over time in solar dryer

Deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Deney sonunda elde edilen verilere varyasyon analizi uygulanmıştır. Güven aralığı %95, %99 ve %99.9 olarak belirlenmiş ve p<0.05, p<0.01 ve p<0.001 değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Varyasyon analizi sonuçlarına göre haşlanmamış ve farklı derişimlerde haşlanmış muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında kurutma süresinin nem kaybı, büzülme oranı ve b renk parametresi üzerine etkisi önemli (p<0.001; p<0.01; p<0.05) bulunmuştur. Haşlama çözeltileri derişiminin büzülme oranı ve b renk parametresi üzerine etkisi önemli (p<0.001; p<0.01; p<0.05) bulunurken nem kaybı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur (p>0.05).

süresinin önemli bir etkisi vardır. Haşlanacak ürünün boyutları büyük ise haşlama sıcaklığı düşer işlem daha uzun sürer. Yüksek sıcaklık, düşük sürede ürünün dış

kısmı dağılırken iç kısımları yeterince haşlanamaz (Anonim, 2013). Ayrıca kaynar su ile meyve haşlama işleminde önemli kayıplar olmakla beraber yapıda bozulmalar görülmektedir (Şen, 2013). Bu sebeple haşlama sıcaklığı 60°C ye düşürülüp, haşlama süresi 10 dk, 30 dk ve 60 dk olarak belirlenmiştir. Şekil 5’de %5 sitrik asit çözeltisinde farklı sürelerde haşlanmış muz halkalarının güneş enerjili kurutucu da kurutma işlemi boyunca nem kaybı verilmiştir. Kurutma süresi boyunca muz halkalarının nem kaybı artmıştır. Yalnız güneş enerjili kurutucuda kurutma da en az nem kaybı olmuştur. Kurutucuda kurutma öncesi uygulanacak ısı ön işlem süresi 60 dk olduğunda nem giderimi daha fazla olmuştur. Nem kaybı beş saatlik kurutma periyodunun sonunda %27 den %75’e kadar yükselmiştir. Farklı haşlama sürelerinde %5 sitrik asit çözeltisinde haşlanan muz halkalarının güneş enerjili kurutucudaki beş saat kurutma periyodu sonunda ortalama son nem içeriği yaklaşık %9 bulunmuştur. Muz halkalarının çözelti içerisinde kalmasının kurumaya olumlu bir etkisinin olduğu görülmüştür. Daldırma çözeltisi, muz dilimlerindeki gözenekleri güneşte kurutma süresince doldurarak genişletir ve nem giderme oranını artırır (Abano ve Sam-Amoah, 2011). Üründe nem içeriği azalırken katı matrisinin yoğunluğu çözücü geçişle artar (Talla ve ark., 2004).

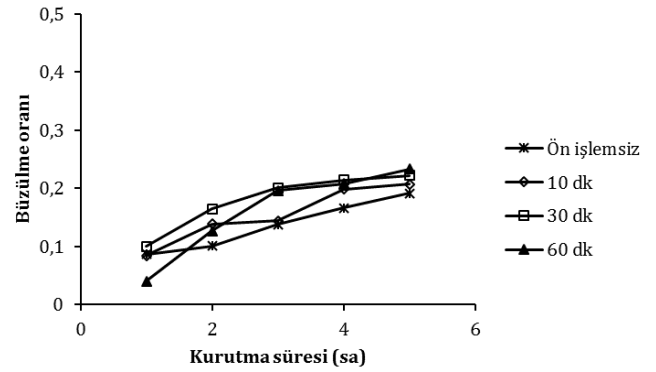


Şekil 5. Güneş enerjili kurutma boyunca haşlama süresinin nem kaybına etkisi

Figure 5. The effect of scalding time on moisture loss during solar drying

%5 sitrik asit çözeltisinde haşlanmış muz halkalarının güneş enerjili kurutucu da kurutma süresi boyunca büzülme oranı değişimi şekil 6 da verilmiştir. Haşlanmış muz halkalarının büzülme oranı kurutma süresinin üçüncü saatinden sonra önemli bir değişim göstermemiştir. Büzülme oranında en fazla artış 60 dk çözeltide haşlanan muz halkalarında görülmüştür. Kurutma süresi boyunca nem kaybı arttığı için büzülme oranı artmıştır. Muz

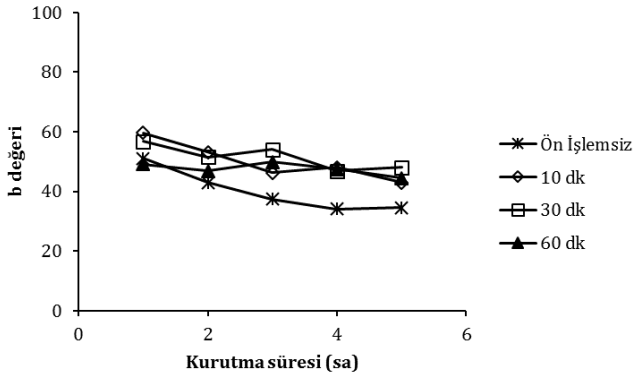
halkalarında büzülme ile kuru üründe nem içeriği azalırken katı matris yoğunluğu artar (Talla ve ark., 2004). Kurutmanın başlangıcında büzülme fazla iken kurutma periyodunun sonuna doğru son boyutunda değişim azalmış ve ürün şeklini almıştır (Taiwo ve Adeyemi, 2009).



Şekil 6. Güneş enerjili kurutma boyunca haşlama süresinin büzülme oranına etkisi

Figure 6. The effect of scalding time on shrinkage ratio during solar drying

60°C sıcaklıkta %5 sitrik asit çözeltisine daldırılmış muz halkalarının güneş enerjili kurutucu da kurutma süresi boyunca b renk parametresindeki değişimi şekil 7 de verilmiştir. Muz halkalarının haşlama süresi artıktıkça kararmayla beraber b değerleri azalmıştır. Ön işlemsiz muz halkalarının kurutulmasında b renk değişimi kurutma süresi boyunca düşmüştür. Sitrik asitte haşlanmış muz halkalarında b renk değeri daha yüksek olup güneş enerjili kurutucuda kaldığı süre boyunca b renk değeri azalmıştır. 30 dk haşlanan muz halkalarındaki renk değişimi daha az olmuştur. Sitrik asit çözeltisinde haşlama işleminin renk değişimine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Haşlama ortamına ilave edilecek sitrik asit istenmeyen enzimleri inaktive ederek fenolik bileşen kaybını düşürdüğü için üründeki renk değişimini azalttığı belirlenmiştir (Martinez ve ark., 2013). Haşlama gibi ön kurutma işlemlerinde indirgen şeker gibi suda çözünebilir bileşenler kayba uğramaktadır. Maillard esmerleşme reaksiyonunda etken olan indirgen şekerlerin kaybı ile renk değişimi daha az olmakla beraber sarılıktan uzaklaşma görülmektedir (Turgut ve Topuz, 2020).



Şekil 7. Güneş enerjili kurutma boyunca haşlama süresinin b değerine etkisi

Figure 7. The effect of scaling time on b value during solar drying

Çizelge 2. Farklı haşlama süresinde muz halkalarının kurutulmasına ait varyans analiz tablosu
Table 2. Variance analysis table for drying banana rings at different scalding times

Varyasyon Kaynakları	df	Nem kaybı	Büzülme oranı	b değeri
Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi (A)	4	***	***	***
Haşlama süresi (B)	5	***	***	***
AB	20	***	***	***
Hata	60			

(***)= $p<0.001$; (**)= $p<0.01$; (*)= $p<0.05$; (-)=önemli değil.

Sonuç olarak, uygulanacak ısı ön işlemlerden biri olan haşlama işlemi ile güneş enerjili kurutucuda kurutma işleminin beraber kullanılması, kurutulan üründe nem kaybını arttırmış ve renkte ortaya çıkan kayıpların ise azaldığı görülmüştür. Düşük sıcaklıklarda kurutma yapılan güneş enerjili kurutma işleminin etkinliğini arttırmak için kurutma öncesi haşlama ön kurutma işleminin gerçekleştirilmesi muz gibi yüksek ısıya duyarlı meyve ve sebzelerde duyuşal özellikler ile besin değerlerini fazla değiştirmeden kurutulmasını sağlayan bir ön işlem olarak kullanılabilir. Ön işlem görmemiş muz halkaları doğrudan güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında en düşük nem kaybı ve büzülme oranı görülürken en fazla b renk değerinde değişim belirlenmiştir. Haşlama işleminde ortama asit ilavesinin kurutma performansını artırdığı gözlenmiştir. Haşlama suyuna ilave edilen asit miktarı artıkça nem kaybı ve büzülme oranı artmış, b renk değerinde değişim azalmıştır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı ısı ön kurutma işlemi olarak

Haşlanmamış ve farklı haşlama sürelerine tabii tutulan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında haşlama süresinin ve kurutucuda kurutma süresinin nem kaybı, büzülme oranı ve b renk parametresi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$; $p<0.01$; $p<0.05$) bulunmuştur.

uygulanan haşlama muz halkalarının güneş enerjili kurutma işlemine etkisini belirlemektir.

Yöntem ve Bulgular: Bu çalışmada, ısı ön işlem olarak haşlama yöntemi uygulanmıştır. Haşlanan muz halkaları daha sonra doğal konvektif çok raflı güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Haşlama çözeltisi olarak su ve %2.5-10 arasındaki derişimlerde bulunan sitrik asit kullanılmıştır. Muz halkaları 80°C de haşlanmış ve daha sonra güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Haşlama çözeltisi derişimi, haşlama süresi ve güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi gibi kurutma koşullarının nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve b renk parametresi üzerine etkisi belirlenmiştir. Muz halkalarının çok raflı güneş enerjili kurutucu ile kurutulmasında, ısı ön işlemin etkili olduğu görülmüştür. Güneş enerjili kurutma öncesi uygulanan ön işlem ile muz halkalarının kurutma süresi boyunca nem kaybı ve çapsal büzülme oranı artmış, b sarı renk parametresinin azaldığı görülmüştür.

Genel Yorum: Gıda ürünlerini doğrudan güneş ışınımına maruz bırakarak kurutma işlemi yaygın kullanılan geleneksel bir ekonomik kurutma yöntemidir. Güneş enerjili kurutma işlemi düşük sıcaklıkta gerçekleştiği için kurutulacak ürünün duyuşal özellikleri ve besin içeriği kısmen korunur. Güneş enerjili kurutucuda kurutma öncesi uygulanan haşlama ön kurutma işlemi daha kısa

sürede daha fazla nem kaybı sağladığı ve renk değişimini önlediği için uygulanabilir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Mersin ili, özellikle meyve üretiminde ülke ekonomisine önemli katkısı olan illerden biridir. Mersin ili yüksek güneşlenme potansiyeline sahip olmakla beraber muz üretiminde birinci sırada yer almaktadır. Güneşin ısıtma etkisinden ve haşlamanın olumlu etkisinden faydalanarak ekonomik ve ekolojik kurutma işlemi yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, ısıl ön işlem, haşlama, güneş enerjili kurutucu.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abano EE, Sam-Amoah LK (2011) Effects of different pretreatments on drying characteristics of banana slices. *J. Eng. Appl. Sci.* 6(3): 121-129.
- Abano EE, Ma H, Qu W (2014) Optimization of drying conditions for quality dried tomato slices using response surface methodology. *J. Food Process. Preserv.* 38: 996-1009.
- About A (2013) Drying characteristic of apple slices under taken the effect of passive shelf solar dryer and open sun drying. *Pak. J. Nutr.* 12(3): 250-254.
- Aktas M, Ceylanı, Dogan H (2006) Güneşenerjili kurutma fırınında elma kurutması. *Politeknik Dergisi* 289-294.
- Aktaş M, Ceylan İ, Yılmaz S (2009) Determination of drying characteristics of apples in a heat pump and solar dryer. *Desalination* 239: 266-275.
- Anonim, İstanbul Sanayi Odası-İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği Projesi (2010). Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri IV. Yayın No: 2010/4, İstanbul.
- Anonim, Milli Eğitim Bakanlığı (2013) Sebze ve Meyvelerde Ön İşlemleri, Ankara.
- Anonim, Mersin Ticaret ve Sanayi Odası (2020) Ekonomik Rapor 2020. MTSO, Yayın No:2021-08, Mersin.
- Askari GR, Emam-Djomeh Z, Mousavi SM (2008) Investigation of the effects of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying. *Drying Technology* 26: 1362-1368.
- Apaydın N (2007) Aydın yöresinde incir kurutmada kullanılacak olan doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucunun modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarım Makineleri ABD.
- Barroca MJ, Guiné RPF (2013) Variation of physical properties of banana along drying for cvs. *Musa nana* and *Musa cavendishii*, VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, 26-29 Agosto, Madrid, İspanya.
- Cakir MT (2015). Güneş enerjisinden yararlanarak tarım ürünlerinin kurtulması. *Gazi Müh. Bil. Derg.* 1(1): 41-55.
- Darıcı S, Şen S (2012) Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. *Tesisat Müh. Derg.* 20(130): 51-58.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş enerjisi Potansiyel Atlası, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/33.aspx> (Erişim Tarihi: 25 Ekim 2021).
- Gençdağ E (2017) Farklı haşlama yöntemleri ile haşlanan brokolilerde askorbik asit, renk ve tekstür özelliklerindeki değişimin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Gıda Mühendisliği ABD.
- Gürel AE, Ceylan İ, Aktaş M (2016) Meyve ve sebzelerin kurutma parametrelerinin incelenmesi. *GUJSC* 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. *Int. J. Green Energy* 14(15): 1277-1283.
- Heybeli N, Ertekin C, (2007) Elma dilimlerinin ince tabaka halinde kuruma karakteristiği. *Tarım Makinaları Bil. Derg.* 3(3): 179-187.
- Martinez S, Perez N, Carball J, Franco I (2013) Effect of blanching methods and frozen storage on some quality parameters of turnip greens. *LWT-Food Sci. and Tech.* 51: 383-392.
- Maskan M(2001) Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* 48: 169-175.
- Nwakuba NR, Chukwuezie OC, Asonye GU, Asoegwu SN (2018) Energy analysis and optimization of thin layer drying conditions of okra slices. *AZOJETE* 14(4): 129-148.
- Özler S, Tarhan S, Ergüneş G (2004) Sebze kurutmada önışlemin önemi ve uygulama teknikleri. 1. Cine Tarım 61:40-42.
- Pandya R, Yadav KC (2014) Study on effect of pretreatments and microwave drying on banana chips. *IOSR-JAVS* 7(7): 04-10.
- Romano G, Argyropoulos D, Gottschalk K, Cerruto E, Müller J (2010) Influence of colour changes and moisture content during banana drying on laser backscattering. *IJABE* 3(2): 46-51.

- Soylu S, Faruk S (2021) Mersin ilinde yetiştirilen muz meyvelerinde hasat sonrasında görülen fungal hastalık etmenlerinin belirlenmesi. MKU. Tar. Bil. Derg. 26(2): 399-411.
- Şat İG, Öz Ö (2015) Haşlama ve kurutmanın bazı sebzelerin bileşimi üzerine etkisi. ADYU Müh. Bil. Derg. 3: 54-62.
- Şen F (2013) Meyve ve sebzelerin kurutulmasında ön işlemler. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan 17-20, İzmir, Türkiye.
- Taiwo KA, Adeyemi O (2009) Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slice. Afr. J. Food Sci. 3(10): 307-315.
- Talla A, Puiggali JR, Jomaa W, Jannot Y (2004) Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: Application to banana. J. Food Eng. 64(1): 103-109.
- Torringa E, Esveld E, Scheewe I, Berg R, Bartels P (2001) Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. J. Food Eng. 492(3): 185-191.
- Turgut DY, Topuz A (2020) Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. YYÜ Tar. Bil. Derg. 30(1): 44-56.
- Venkateshamamba BS, Krishnaveni R, Lavanya A, Vyshnavi T(2017) Study on effect of quality of green banana flour using different drying techniques. The PharmaInnovation Journal 6(10): 01-07.
- Yıldız AK, Polatçı H, Uçun H (2015) Farklı kurutma şartlarında muz meyvesinin kurutulması ve kurutma kinetiğinin yapay sinir ağları ile modellenmesi. Tarım Makineleri Bil. Derg. 11(2): 173-178.
- Yıldız Z (2021) Termal ön işlemin güneş enerjili raflı bir kurutucuda muz cipsi üretimine etkisi. ADÜ Ziraat Derg. 18(1): 1-6.
- Yokuş B (2014) Farklı ön işlemlerin ve uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin elmada toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Kimya Mühendisliği ABD.