



## Araştırma Makalesi/Reserach Article

# Kurutulmuş Muz Dilimlerinin Bazı Fiziksel ve Yapısal Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Melih Atmaca

Mehmet Burak Büyükcan\*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü  
\*Sorumlu yazar: buyukcanb@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.01.2021

Kabul Tarihi: 25.05.2022

### Öz

Bu çalışmada, farklı kalınlıklarda (6-8 ve 10 mm) dilimlenmiş muz örneklerinin çeşitli (300W-400W ve 500W) kızılötesi (infrared) kurutma dereceleri kullanılarak kurutulması ve bazı içsel-yapısal ve fiziksel kalite parametrelerinin değişimlerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, yerli çeşit olan Anamur muzunu; 2020 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümü laboratuvarında yapılan denemelerde kullanılmıştır. Kurutulmuş ürünlerde renk, mikroyapı (SEM), FT-NIR spektral analizler, kuruma karakteristikleri, su kaybı ve büzülme değerleri incelenmiştir. Kurutma faaliyetleri sırasında 500 W infrared kurutma derecesinin örnekleri analiz yapılamayacak derecede yaktığı görülmüştür. Kuruma sürelerine bakıldığında 8 ve 10 mm kalınlıklarda kurutulan muzlar da istatistiksel olarak farklılık bulunamamıştır. 300W-10 mm kurumaya tabi tutulan muzlarda en yüksek su kaybı ve büzülme değerleri elde edilmiştir. Kurutulmamış yaş ürünler ile kurutulmuş ürünlerin mikroyapı görüntülerine bakıldığında kurutma derecesi, yoğunluğun artması ile gözenekli yapının daha fazla aralıklı bir hale geldiği gözlemlenmiştir.  $L^*$  renk ortalama değeri yaş dilimlerde  $62,46 \pm 3,254$  olarak saptanırken kurutulmuş ürünlerde  $36,37 \pm 6,45$  olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir renk kalite parametresi olan  $a^*$  değerine bakıldığında yaş muzların ortalaması 0,967 iken kurutma sonrasında 6,105 olarak bulunmuştur. Renk değerleri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Araştırma bulgularında dilimlenmiş muz örnekleri istatistiki olarak renk, su kaybı ve büzülme oranları bakımından önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Muz, İnfrared kurutma, Renk, FT-NIR spektroskopisi

## Determination of Some Physical and Structural Quality Characteristics of Dried Banana Slices

### Abstract

This study aimed to dry the sliced banana samples of different thicknesses (6-8 and 10 mm) using various (300W-400W and 500W) infrared drying degrees and examine the changes in some internal-structural and physical quality parameters. In this direction, the native variety, Anamur banana, was used in the experiments conducted in the laboratory of Çanakkale Onsekiz Mart University Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department in 2020. Color, microstructure (SEM), FT-NIR spectral analysis, drying characteristics, water loss, and shrinkage values of dried products were investigated. During the drying activities, it was observed that the 500 W infrared drying degree burned the samples to such an extent that they could not be analyzed. No statistical difference was found in the dried bananas at 8 and 10 mm thicknesses considering the drying times. The highest water loss and shrinkage values were obtained in bananas dried at 300W-10 mm. When the microstructure images of the undried wet products and the dried products were examined, it was observed that the porous structures became more intermittent with the increase in drying degree and density.  $L^*$  color mean value was determined as  $62.46 \pm 3.254$  in wet slices and  $36.37 \pm 6.45$  in dried products. Considering the  $a^*$  value, which is another color quality parameter, it was found that while the average of fresh bananas was 0.967, it was 6.105 after drying. Color values were found to be statistically insignificant. The research findings determined that the sliced banana samples were statistically insignificant in terms of color, water loss, and upset rates.

**Anahtar Kelimeler:** Banana, İnfrared drying, Color, FT-NIR spectroscopy

### Giriş

Muz tropik bir iklim meyvesi olarak ön plana çıkmaktadır. Genellikle dünya da güney yarım kürede yer alan tropik iklim şartlarına sahip ülkelerde yetiştirilebilmektedir. Hindistan, Çin ve Endonezya muz üretiminde lider ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır. TÜİK verilerine göre



ülkemizde 812 bin ton muz üretiminin yapıldığı belirtilmiş olup bu üretimin büyük çoğunluğunu ülkemizde en uygun tropik iklim şartlarının sağlandığı Akdeniz bölgesinde gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2021).

Muz, diğer tropikal meyvelerden olan mango (15 g/100 g), avokado (5.9 g/100 g), guava (15.7 g/100 g) ile karşılaştırıldığında yüksek miktarda karbonhidrat (50.0 g/100 g) içeren bir meyve türüdür. Ayrıca muz meyvesi (11.3 g/100 g); avokado (0.2 g/100 g), kayısı (6.7 g/100 g) ve şeftali (8.7 g/100 g) ile karşılaştırıldığında toplam şeker içeriği açısından oldukça zengindir (S'anchez-Moreno ve ark., 2006). Bu sebepten dolayı muz dilimlerinin kurutulması; uzun kuruma süreleri ve yüksek sıcaklıklar altında gerçekleşmektedir. Bu durum, kurutulan muz dilimlerinin aroma, renk, besin değerleri ve dokularında olumsuz olabilecek kalıcı değişimlere neden olmaktadır (Pan ve ark, 2008). Ayrıca A ve C Vitaminleri (sırasıyla 7 µg/100 g, 8,7 mg/100 g), potasyum (22 mg/100 g), kalsiyum (5 mg/100 g), sodyum (1 mg/100 g) ve magnezyum (27 mg/100 g) gibi çeşitli vitamin ve elementler de içermektedir (S'anchez-Moreno ve ark., 2006). Muz yüksek nem içeriğine (%74) sahip olması sebebi ile hasattan sonra hızla bozulmaya maruz kalır. Nem içeriğini azaltmak ve dolayısıyla raf ömrünü uzatmak için farklı kurutma teknikleri kullanılmıştır (Tuncak ve Doymaz, 2020).

Meyve ve sebzelerde kurutma, ürün muhafazası için kullanılan en eski yöntemlerden biri olmakla birlikte gıda işleme endüstrilerinde kullanılan önemli gıda işleme basamaklarından biri olarak ifade edilmektedir. Kurutmanın meyve ve sebze ürünlerinin beslenme ve kalite özellikleri üzerinde ciddi bir etkisinin de olduğu gözlemlenmektedir (Kocabiyik ve Tezer, 2009). Gıda ürünlerinin kalitelerinin korunmasında ve kayıpların azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Gıda ürünlerinin kurutulmasında ki esas amaç, gıda içerisinde bulunan nemi uzaklaştırarak gıdanın hacmi azaltılmakta ve küf gibi ürünlerin raf ömrünü azaltacak çeşitli bozulmaların önüne geçmektir (Thuwapanichayanan ve ark., 2011). İnfrared kurutma; güneş de kurutma yöntemlerini baz alınarak tasarlanmış düşük maliyetli kurutma yöntemleri arasında gösterilmektedir. Düşük maliyeti, ürünler üzerinde ısıtma ve kurutmaya verdiği hızlı tepki, çeşitli ürün üzerinde uygulanabilirliği ve kurutmada kullanılacak olan ekipmanların kullanım kolaylığı ve kısa kurutma zamanı infrared kurutmanın avantajları arasında gösterilebilmektedir (Chua ve Chou, 2003).

Bu çalışmada; kısa dalga boyunda farklı kurutma seviyelerinde (300W, 400 W ve 500W) ve çeşitli kalınlıklarda (6mm, 8mm ve 10 mm) kurutulan muz dilimlerinin kuruma süresi, fiziksel boyutları ve renk değişimlerine olan etkileri ile kurutma sonrası da oluşan içsel özelliklerin irdelenmesi amaç olarak hedeflenmiştir.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Materyal**

Denemelerde yerli tip (Anamur; *Dwarf cavendish*) muz çeşidi kullanılmıştır. Çalışma 2020 yılı temmuz ayı içerisinde denenmiş olup muz örnekleri yerel bir süpermarketten alınarak aynı gün Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvar ortamına getirilen muzlar kuruma işlemi gerçekleştirilene kadar buzdolabında +4 °C' de bekletilmiştir. Muzların kabukları soyulduktan sonra 6-8 ve 10 mm kalınlığında dilimlere ayrılmıştır. Her bir deneme için 22 adet muz dilimi kullanılmıştır. Denemeler de toplam 198 adet muz dilimi kullanılmıştır. 500 W infrared gücü, denemeler sırasında ürünleri yaktığından bu kategoride (500 W) ölçümler alınamamış ve istatistiksel analizler 132 adet muz dilimi örneği üzerinden yapılmıştır. Dilimlenen muzlar herhangi bir ön işlemde geçirilmemiştir. Dilimlenmiş muzların ilk nem içerikleri etüv içerisinde 105 °C'de yaklaşık 5 saat bekletilerek %70 (yaş baz) olarak belirlenmiştir.

### **Kurutma Yöntemi**

Kurutma sistemi olarak, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği laboratuvarında bulunan infrared kurutma sistemi kullanılmıştır. Kurutma sistemi kısa dalga boyu için 1500 W (1.0 -1.4 µm) (Heraeus-Noblelight, Almanya) infrared ısıtıcı kaynakları kullanılmıştır. Kurutma denemeleri, 300, 400, ve 500 W infrared ısıtıcı gücüne denk gelen kısa dalga infrared radyasyon yoğunluğunda (1830, 2640 ve 3165 W/m<sup>2</sup>) gerçekleştirilmiştir. Kurutma sisteminde, kuruma düzeylerini ölçebilmek adına tel ızgaraya sahip taşıyıcı bir platform üzerinde bir adet raf bulunmaktadır. Kurutulacak örneklerin kütle kayıplarını tespit etmek amacıyla kuruma örneklerinin konulduğu raf 0.01 g hassasiyete sahip dijital terazi üzerine





oturtulmuştur. Kurutma sırasında meydana gelen kütle değişimleri 3 dakikada bir alınacak şekilde programlanmış olup dijital terazinin bilgisayara bağlanması aracılığı ile tüm değişimler anlık olarak bilgisayar sistemine aktarılmaktadır.

### Renk ölçümleri

Renk ölçümleri kolorimetre (CR-200, Konica Minolta, Japonya) ile yapılmıştır. Renk ölçüm değerleri CIE XYZ renk uzayı sisteminde kayıt edilmiştir. XYZ ölçüm formatında alınan değerler daha sonra LAB mutlak renk uzayı (CIE  $L^* a^* b^*$ ) formatına dönüştürülerek değerler tekrardan hesaplanmıştır. Chroma ( $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ ), Hue ( $\arctan[b^*/a^*]$ ) ve  $\Delta E$  ( $\sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$ ) değerleri  $L a b$  renk sistemi kullanılarak elde edilmiştir.

### Spektral ve Mikroyapı ölçümleri

Yaş ve kurutulmuş muzların spektral ölçümleri FT-NIR Multi-Purpose Analyser (MPA) spektrometresi (BrukerOptik, GmbH, Ettlingen Germany) yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Spektral ölçümler, 780-2500 nm dalga boyu aralığında fiber optik prob (IN 261) kullanılarak yansıma (Reflectance) ölçümleri alınmıştır. Her bir yansıma ölçümü 32 adet tarama ile gerçekleştirilmiştir. FT-NIR spektral ölçümlerinin alınmasın da OPUS programı (BrukerOptik, GmbH, Ettlingen Germany) kullanılmıştır. Mikroyapı resim ölçümleri Nikon Eclipse E200 model LED binoküler mikroskop cihazı ile alınmıştır. Ölçümler yaş ve kurutulmuş muz örneklerinde ürünlerin yüzeylerinden üst aydınlatma yapılarak elde edilmiştir. Ölçümlerde 10x yakınlaştırma olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### Büzülme ve su kaybı ölçümleri

Kurutulmuş ürünlerdeki büzülme ve su kaybı değerleri aşağıda yer alan formüllere göre hesaplanmıştır.

$$Su\ Kaybı = \left( \frac{Yaş\ ürün - Kuru\ ürün}{Yaş\ ürün} \right) * 100 \quad (1)$$

$$Büzülme\ Oranı = \left( \frac{Yaş\ ürün\ çapı - Kuru\ ürün\ çapı}{Yaş\ ürün\ çapı} \right) \quad (2)$$

### İstatiksel Yöntem

Çalışma sonunda elde edilen veriler Minitab 21 istatistik paket programı ile değerlendirilmiştir. Bu programda ham veriler iki yönlü ANOVA varyans analizlerine tabi tutularak “Tukey” karşılaştırma testi ile  $p < 0.05$  düzeyinde değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Denemelerde kullanılan muzların ağırlık, en ve çap değerlerinin tanıtıcı istatistikleri çizelge 1’de yer almaktadır. Kısa dalga infrared kurutma sırasında 500 W enerji düzeyinde yapılan denemelerde ürünler yüksek yoğunluğa maruz kaldığından dolayı ölçülemez hale gelmiştir. Kısa dalga kurutmada yaş örnekler (kurutulmadan önce) 2.21-8.64 g değerlere sahip olurken kurutulduktan sonra 0.62-3.25 g değerlerine kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında kısa dalga kurutmada ağırlık değişimi % 64.1 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ürünlerin boyutsal özelliklerinden olan en ölçümlerinde ise ortalamaların yüzdesel bazda değişimine bakıldığında % 14.4 olarak hesaplanırken çap ölçümleri %14.2 oranında küçülme eğilimi göstermiştir.

Çizelge 1. Yaş ve kurutulmuş muzların kısa dalga boylarında ki ağırlık, en, çap değerlerinde ki tanıtıcı istatistikleri

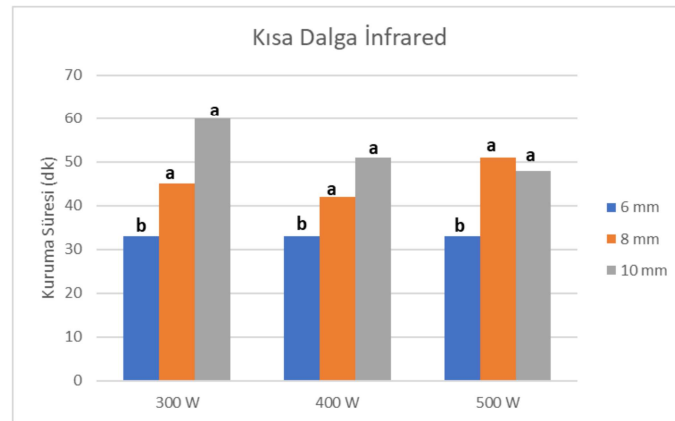
Table 1. Descriptive statistics for weight, width, and diameter values of fresh and dried bananas at short wavelengths

	Ağırlık (g)		En (mm)		Çap (mm)	
	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
Minimum	2.21	0.62	22.66	18.76	20.71	18.22
Maksimum	8.64	3.25	41.76	36.18	30.45	27.56
Standart Hata	1.39	0.63	3.42	3.15	1.68	1.67
Ortalamalar	5.04	1.81	30.17	25.83	26.82	23.00
n	198	132	198	132	198	132

### Kuruma süresi değişimi

Taze muzların ilk nem içeriği olan %70 (yb)’den depolanabilir güvenli kuruma düzeyi olan %25-30 aralığına kadar kısa dalga infrared boyunda yapılan kurutma denemeleri neticesinde elde edilen kuruma sürelerine ait grafikler Şekil 1’de yer almaktadır. Kısa dalga infrared ısı kaynağı

kullanıldığındaki kuruma süreleri 33-63 dakika arasında değişim göstermektedir. İstatiksel olarak karşılaştırıldığında kurutmada kullanılan enerji seviyeleri arasında fark bulunmamakla beraber muz dilimi kalınlığına bağlı olarak kuruma sürelerinde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. 8 ile 10 mm dilim kalınlığına muzlar arasında istatistiksel olarak kuruma süreleri bakımında fark olmadığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Elde edilen sonuçlar neticesinde muz dilimlerinin kalınlıkları arttıkça kuruma sürelerinin de artış gösterdiği saptanmıştır. Bu durum dilimlenmiş muz örneklerinin kalınlıklarının artması ile dilim içerisindeki bağlı suyun uzaklaştırmasını zorlaştırmaktadır. Benzer şekilde Swasdisevi ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada vakum infrared kullanarak değişik dilim kalınlıklarındaki (2-3-4 mm) muzlarda nem içeriği ve kuruma süresi arasındaki ilişkiye bakmışlardır. Yapılan çalışmada kalınlığın artması ile kuruma süresinin de arttığını gözlemlemişlerdir. Çalışmada, 2 mm kalınlıkta, 5 kPa basınç altında ve 50 °C sıcaklık da muz dilimlerinin yaklaşık 100 dakikada istenilen seviye geldiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca, 3 mm kalınlıkta 120 dakika ve 4 mm kalınlıktaki ürünlerde 300 dakika olarak tespit edildiğini vurgulamışlardır. Kocabiyik ve ark. (2016) domates üzerinde yaptıkları çalışmada 300-400 ve 500 W kısa dalga infrared kurutma kullanarak domateslerin 120 ile 213 dakika aralığında güvenli kuruma düzeyine ulaştığını saptamışlardır. 500 W enerji düzenin en kısa ve 300 W enerji düzeyinin en uzun kuruma süresine etki ettiği belirtilmiştir. İnfrared kurutma düzeyi arttıkça domateslerin kuruma süresinin azaldığı ortaya çıkmaktadır. Yaptığımız çalışma da ortaya konan kuruma zamanı ve infrared güç değerleri arasındaki ilişkiler benzerlik göstermektedir.



Şekil 1. Farklı muz dilimlerinde kısa dalga infrared ısı kaynağının çeşitli infrared güçlerinde kuruma süresine etkisi

Figure 1. The effect of short wave infrared heat source on drying time at various infrared powers in different banana slices.

### Büzülme ve su kaybı

Çizelge 2’de dilimlenmiş muz örneklerinin su kaybı ve büzülme değişimleri yer almaktadır. Çizelge ’den de anlaşılacağı üzere muz dilimleri azaldıkça su kaybı oranlarında da bir artış meydana gelmektedir. Kurutulmuş muz dilimlerinde su kaybı değerlerine bakıldığında, en düşük su kaybı 300W-10 mm’de olurken en yüksek su kaybı değeri ise 300W-6 mm kalınlıktaki muz dilimlerinde olduğu saptanmıştır. Kurutma öncesi ve sonrası hacimleri ölçülen muz dilimlerinin her deneme için ayrı ayrı büzülme katsayısı hesaplanmıştır. Büzülme oranı en yüksek değere 300 W-10 mm kalınlıkta ulaştığı görülürken, en düşük büzülme oranı ise 300 W-6 mm kalınlıktaki muz dilimlerinde gözlemlenmiştir. Büzülme oranları tüm infrared güç ve hava hızı koşullarında çok ciddi bir değişime uğramadığından istatistiksel olarak farka rastlanmamıştır.

Çizelge 2. Dilimlenmiş kuru muz örneklerinin su kaybı ve büzülme değişimleri

Table 2. Water loss and shrinkage changes of sliced dried banana samples

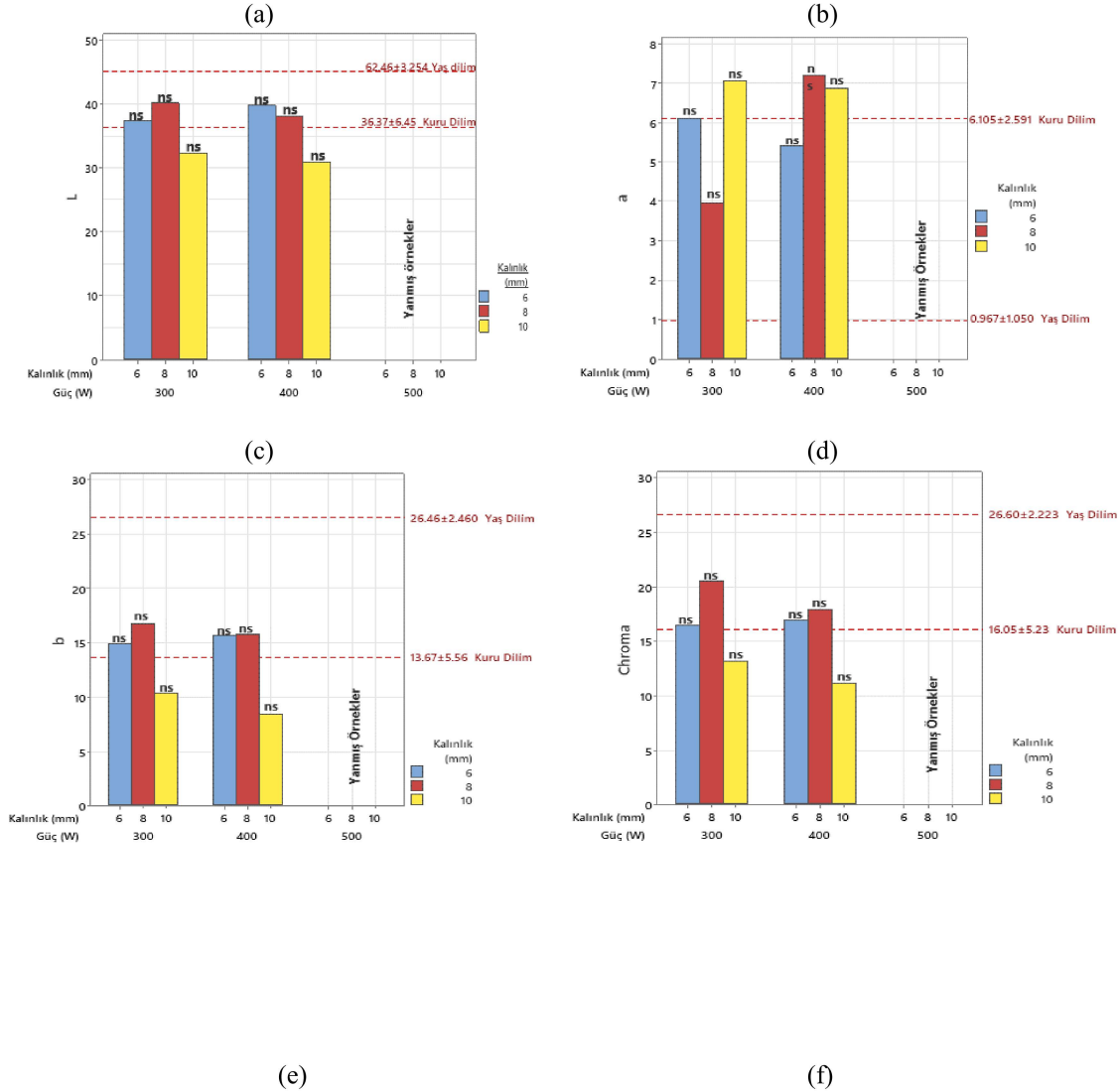
	Su Kaybı (%)			Büzülme		
	6 mm	8 mm	10 mm	6 mm	8 m	10 mm
300 W	68.62±2.60 ns	64.93±3.14 ns	61.90±3.49 ns	0.5651±0.1470 ns	0.5676±0.1002 ns	0.6672±0.1222 ns
400 W	67.51±4.10 ns	64.72±3.52 ns	62.44±5.31 ns	0.5900±0.0533 ns	0.6140±0.1145 ns	0.6480±0.1409 ns

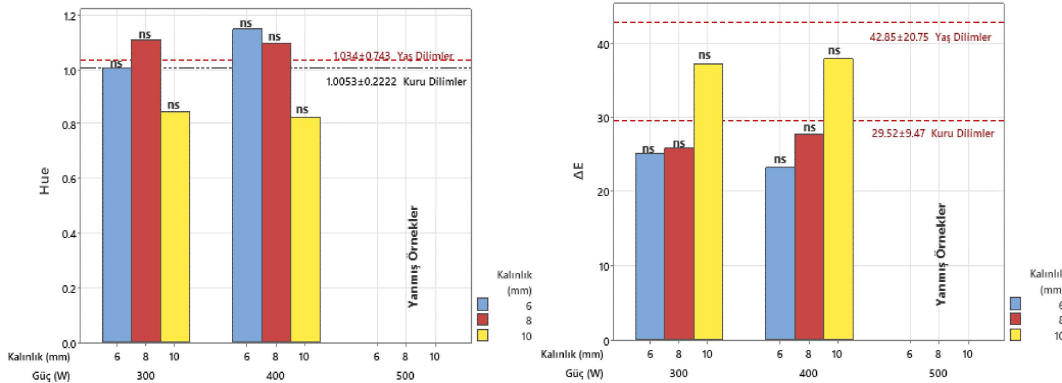
ns: İstatistiki açıdan fark yoktur ( $p > 0.05$ ).



## Renk değerleri

Renk özellikleri, kuru ve yaş gıda ürünlerindeki kalite parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Kurutulmuş muz dilimlerinin farklı dilim kalınlıklarının da ve farklı kurutma düzeylerindeki değişimi Şekil 2’de yer almaktadır. Sonuçlara bakıldığında tüm renk parametrelerinde istatistiksel olarak güç\*kalınlık interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır ( $p>0.05$ ). Renk değerleri, değişik güç ve kalınlıklarda kurutulmuş muz örnekleri üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. 500 W güç altında kurutulmuş muz örnekleri yanma durumu göstermiş olduğundan dolayı istatistiksel analizlere tabi tutulmamışlardır. Varyans analizi sonuçlarına göre; dilim muz kalınlıklarının renk parametreleri üzerine etkisi istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ( $p>0.05$ ). Şekil 2(a)’da  $L^*$  (parlaklık) değeri göz önüne alındığında yaş dilim ortalamalarının  $62.46\pm 3.254$  olduğu hesaplanırken kuru dilim ortalamalarının  $36.37\pm 6.45$  değerlerinde kaldığı saptanmıştır. Yaş dilimlerde yüksek olan ortalama değerleri kurumanın etkisi ile düştüğü söylenebilmektedir. Benzer durum  $+a^*$  (Kırmızılık) (Şekil 2(b)) renk değerleri içinde söz konusudur. Dilimlenmiş yaş muzların ortalaması 0.967 iken kurutma sonrasında 6.105 değerine kadar yükseldiği bulunmuştur.  $+b$  (sarılık) (Şekil 2(c)) değerlerine bakıldığında ise 26.46 ile başlangıç değerine sahip olan dilimlenmiş muz örnekleri 13.67 ortalama değerine kadar gerilediği görülmektedir. Ayrıca diğer bir muz renk kalite değeri olan Hue (renk tonu) (Şekil 2(e)) değerlerine bakıldığında ortalamaların birbirine çok yakın olduğu göze çarpmaktadır.

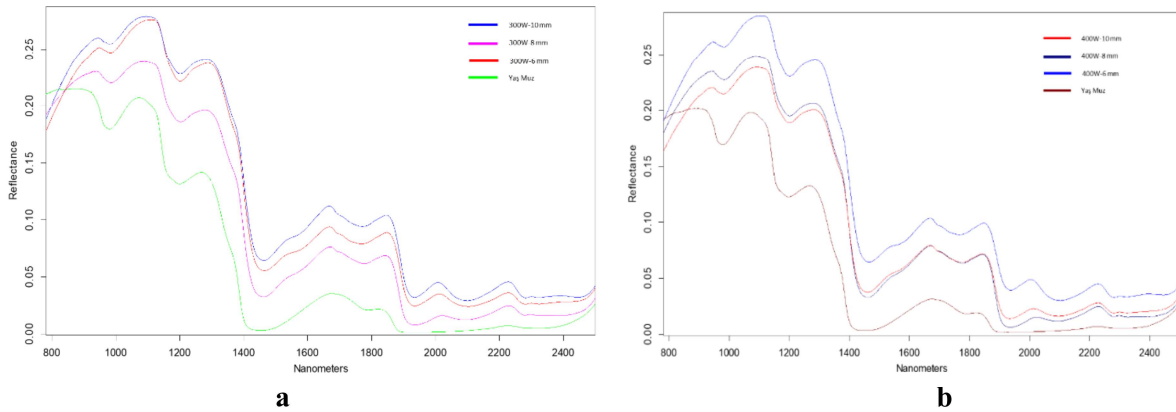




Şekil 2. Kurutulmuş muz dilimlerinin renk parametreleri üzerine etkileri  
Figure 2. Effects of dried banana slices on color parameters

### FT-NIR Özellikleri

Kurutulmuş dilim muz örneklerinin FT-NIR spektroskopisi ölçümleri Şekil 3’de yer almaktadır. 300 W yoğunlukta kurutulan farklı muz dilimleri yaş örneklere göre daha yüksek yansımaya (reflection) yoğunluğu göstermektedir. En yüksek yansımaya yoğunluğunu 10 mm kalınlığındaki dilimler göstermiştir. 400 W enerji yoğunluğunda kurutulan muz dilimlerinde ise en yüksek yansımaya yoğunluğunu 6 mm kalınlığındaki muz dilimleri gösterirken 10 mm olanlar en düşük yoğunlukta spektrum vermişlerdir. Kurutuma yoğunluğu arttıkça ince dilimlerin daha yüksek yansımaya yoğunluğu gösterdiği görülmektedir. Ayrıca 970, 1190 ve 1450 nm’de ki pikler suyun bileşimini oluşturan O-H bağları olarak tanımlanmaktadır (Pu ve ark., 2018). Yapılan bu çalışmada da benzer sonuçlara rastlandığı görülmektedir. NIR yansımaya spektrumlarının kurutma sırasında muz dilimlerinin kalite değişikliklerine duyarlı olduğunu göstermektedir. Kuruma süreleri ile karşılaştırıldığında 300 W kurutmada 10 ve 8 mm kalınlığındaki örnekler istatistik açıdan fark bulunamamış olup benzer sonuçlar da 300 W NIR spektroskopisi değerlerinde bu iki kalınlığın birbirine daha yakın yansımaya değerleri olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar 400 W kurutma süreleri içinde söylenebilmektedir. Kurutma işlemleri sırasında ürünlerdeki nem içeriklerinin azalmalarının spektrumlarında su absorbans (emilim) yoğunluğunun azalmasına da neden olmaktadır.



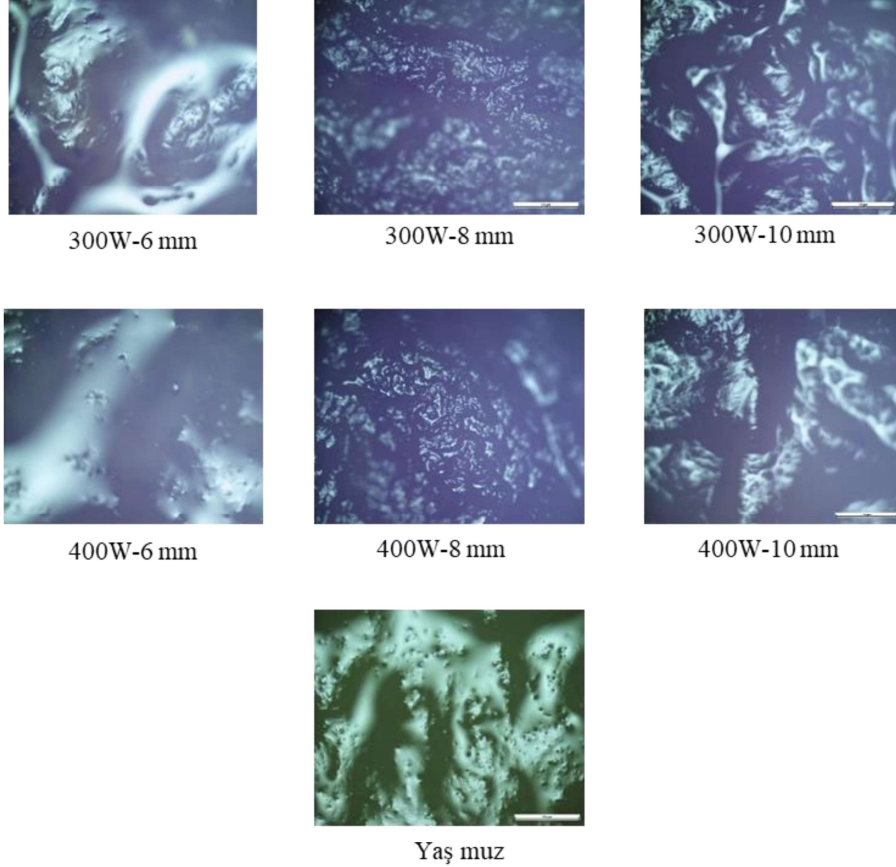
Şekil 3. Kurutulmuş muz dilimlerinin FT-NIR spektroskopisi (a-300 W kurutma, b-400W kurutma)  
Figure 3. FT-NIR spectroscopy of dried banana slices (a-300 W drying, b-400W drying)

### Mikroyapı analizleri

Şekil 4’de 300 ve 400 W kurutma derecelerinde ve 6-8-10 cm dilim kalınlıklarında ki dilim halinde kurutulmuş muzların binoküler mikroskop görüntüleri yer almaktadır. Mikroskop görüntülerinde de görüldüğü üzere yaş muz örneği kurutma işleminden önce birbirine bağlı bir yapı olarak görülmektedir. Bu durum kurutma işlemi sırasında iç dokudan ürün yüzeyine nemin transferini engellemektedir (Kaur ve ark., 2022).

Yaş muz dilimi ile kuruma parametrelerine bağlı görüntüler karşılaştırıldığında muz dilimlerinin camsı yüzeyinin kurutma gücüne bağlı olarak parçalandığı ve kısa dalga ışınlarının yüzeyde ki camsı

yapıda bulunan suyu uçurduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı artıkça daha camsı olan yüzeyler gözenekli matris bir yapıya dönüşmektedir. Kısa dalga kurutma ile verilen ısı miktarına bağlı olarak yüzeyde ki camsı dokuda parçalanmalar oluşmaktadır. Kurutma sırasında, buharlaşan suyun hacmi kısmen hava ile değiştirilir böylece gerçekleşen büzülme olayı gözenekliliğin azalmasına sebep olmaktadır. Elma dilimi (Segura ve ark., 2014) ve muz cipsi (Porciuncula ve ark., 2016) gibi çalışmalarda alınan görüntülerde de benzer sonuçlar olduğu ortaya konulmuştur.



Şekil 4. Kurutulmuş ve yaş dilim muzların SEM görüntüleri  
Figure 4. SEM images of dried and fresh sliced bananas

### Sonuç

Bu çalışmada; muz meyvesinin farklı kalınlıklarda (6 mm- 8 mm ve 10 mm) dilimlenerek çeşitli infrared kurutma derecelerinde (300W, 400W ve 500W) kurutulup fiziksel ve içsel bazı kalite karakteristikleri irdelenmiştir. Toplamda 132 adet dilim örneği analizlere tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kuruma süresi açısından 6 mm dilim kalınlığına sahip muzların kuruma süresinin daha kısa olduğu ve 8 ve 10 mm kalınlıkları için istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Renk kalite parametrelerinin değerlendirilmesi yapıldığında tüm renk parametrelerinde güç\*kalınlık ilişkisi önemsiz çıkmıştır ( $p>0.05$ ).  $\Delta E$  renk değerlendirmesine irdelendiğinde, yaş dilim muzlar ile kurutulmuş dilim muzlar arasında belirgin bir farkın olduğu ortaya konmaktadır. FT-NIR spektrumları incelendiğinde ürünlerin farklı yoğunluk derecelerinde kurutulması ile yansıma yoğunlukları arasında ki farklılıklar ortaya konmuştur. 400 W kurutmada dilimlerin kalınlıkları azaldıkça yansıma yoğunluğunun da arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yapılan çalışmada, farklı kalınlıkta kurutulmuş muz dilimlerinin kalite özelliklerine ait sonuçlar ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar literatüre katkı sağlamakla birlikte kurutulmuş muz ürünlerinin kalınlık açısından kurutmaya etkisi irdelenmiştir. Kurutulmuş ürünlerde, ürün bazında, kalınlık etkili bir kalite parametresi olmakla birlikte kurutulmuş muz ürünlerinde kalite özellikleri bu doğrultuda değişiklik gösterebilmektedir. Muz ürünlerinin kurutulmasında kalınlık parametreleri, yapısal değişikliklerin ürünlerin mikro düzeyde etkilendiğini ortaya koyabilmektedir. Günümüzde kurutulmuş ürünlere ilgi artmakla birlikte bu tip





ürünlerin kalite karakteristiklerinin çalışmada elde edilen sonuçlardan faydalanılarak geliştirilmesi gerekmektedir.

**Not:** Bu makale, Melih ATMACA'nın Yüksek Lisans Tezinin bir bölümünden derlenerek hazırlanmıştır.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Kaynaklar**

- Anonim, 2021. TÜİK İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> , (27.05.2021).
- Chua, K. J., Chou, S. K., 2003. Low-cost drying methods for developing countries. *Trends in Food Science and Technology*. 14(12): 519–528.
- Kaur, M., Modi, V. K., Sharma, H. K., 2022. Effect of carbonation and ultrasonication assisted hybrid drying techniques on physical properties, sorption isotherms and glass transition temperature of banana (Musa) peel powder. *Powder Technology*. 396:519-534
- Kocabiyik, H., Tezer, D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(5): 953–959.
- Kocabiyik, H., Yilmaz, N., Tuncel, N. B., Sumer, S. K., Buyukcan, M. B., 2016. Quality properties, mass transfer characteristics and energy consumption during shortwave infrared radiation drying of tomato. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 8(3): 447-456.
- Sánchez-Moreno, C., De Pascual-Teresa, S., De Ancos, B., & Cano, M. P. 2006. Nutritional values of fruits. *Handbook of fruits and fruit processing*, 29.
- Pan, Z., Shih, C., McHugh, T. H., Hirschberg, E., 2008. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology*. 41(10): 1944–1951.
- Porciuncula, B. D. A., Segura, L. A., Laurindo, J. B., 2016. Processes for controlling the structure and texture of dehydrated banana. *Drying Technology*. 34(2): 167–176.
- Pu, Y. Y., Zhao, M., O'Donnell, C., Sun, D. W., 2018. Nondestructive quality evaluation of banana slices during microwave vacuum drying using spectral and imaging techniques. *Drying Technology*. 36(13): 1542–1553.
- Segura, L. A., Badillo, G. M., Alves-Filho, O., 2014. Microstructural changes of apples (Granny Smith) during drying: Visual microstructural changes and possible explanation from capillary pressure data. *Drying Technology*. 32(14): 1692-1698.
- Swasdisevi, T., Devahastin, S., Ngamchum, R., Soponronnarit, S., 2007. Optimization of a drying process using infrared-vacuum drying of Cavendish banana slices. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 29(3): 810.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., Kunwisawa, J., Soponronnarit, S., 2011. Determination of effective moisture diffusivity and assessment of quality attributes of banana slices during drying. *LWT - Food Science and Technology*. 44(6): 1502–1510.
- Tuncel, C., Doymaz, İ., 2020. Performance analysis and mathematical modelling of banana slices in a heat pump drying system. *Renewable Energy*. 150: 918–923.