



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**KURUTULMUŞ MUZUN RENK DEĞERLERİ DEĞİŞİMİNİN FT-
NIR TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİH ATMACA

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET BURAK BÜYÜKCAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KURUTULMUŞ MUZUN RENK DEĞERLERİ DEĞİŞİMİNİN FT-NIR
TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİH ATMACA

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR ÜYESİ MEHMET BURAK BÜYÜKCAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Melih ATMACA tarafından Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Burak BÜYÜKCAN yönetiminde hazırlanan ve 25/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “ **Kurutulmuş Muzun Renk Değerleri Değişiminin FT-NIR Tekniği ile Belirlenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr.Öğr. Üyesi Mehmet Burak BÜYÜKCAN

.....

(Danışman)

Doç. Dr. Arda AYDIN

.....

Dr. Öğr. Üyesi Fatih Göksel PEKİTKAN

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 25/08/2022

.....
Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Melih ATMACA

(Tarih) .././20..

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Burak BÜYÜKCAN ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Melih ATMACA
anakkale, Aęustos 2022



ÖZET

KURUTULMUŞ MUZUN RENK DEĞERLERİ DEĞİŞİMİNİN FT-NIR TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ

Melih ATMACA

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Burak BÜYÜKCAN

25/08/2022, 53

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. Kurutma faaliyetleri sırasında 500W 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 yapıların 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. Orta dalga infrared kurutma yöntemi ile kurutulan muz dilimlerinde ΔE renk değişim değerlerine en çok renk değişiminin 300W güç değerinde olup 6 ve 10 mm kalınlıklarda kurutulan muz dilimlerinde olduğu görülmektedir. b* değerlerine

bakıldığında ise 400W-10 mm kalınlığındaki muz dilimleri diğerk örnekleregöre istatistiki olarak önemli sayılmaktadır. Kurutma sürelerine bakıldığında orta dalga kurutma yönteminin kısa dalga kurutma yöntemine göre daha uzun sürelerde kurutma işlemini gerçekleştirdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Muz, FT-NIR spektroskopi, Renk, Kuruma süresi



ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME PHYSICAL AND STRUCTURAL QUALITY CHARACTERISTICS OF DRIED BANANA SLICES

Melih ATMACA

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Burak BÜYÜKCAN (Advisor)

25/08/2022, 53

In this study, it was 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 to examine the changes in some internal-structural and physical quality parameters. In this direction, the native variety Anamur banana; was used in experiments conducted in the laboratory of Çanakkale Onsekiz Mart University Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department in 2020. During the drying activities, it was observed that the 500W infrared drying degree burned the samples, so they could not be analyzed. Considering the drying times, no statistical difference was found in the dried bananas at 8 and 10 mm thicknesses. The highest water loss and shrinkage values were obtained in bananas subjected to 300W-10 mm drying. Looking at the microstructure images of undried wet products and dried products, it was observed that the porous structures became more intermittent with the increase in drying degree and density. While the mean L* color value was 62,46±3,254 in wet slices, it was determined as 36,37±6,45 in dried products. Considering the a* value, which is another color quality parameter, the average of fresh bananas was 0,967, while it was found to be 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. It is seen that the most color change to ΔE color change values in banana slices dried with the medium wave infrared drying method is at 300W power and in banana slices dried at 6 and 10 mm thicknesses. Considering the b* values, banana slices with a thickness of 400W-10 mm are statistically significant compared to other samples. Considering the drying times, it is seen that the medium wave

drying method performs the drying process in longer times than the short wave drying method.

Keywords: Banana, FT-NIR spectroscopy, Color, Drying time



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Muz	1
1.1.1. Muzun Bileşen Değerleri	2
1.1.2. Türkiye ve Dünyada Muz Üretimi	3

İKİNCİ BÖLÜM

6

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

9

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kurutma Yöntemleri	10
3.2. Renk Ölçümleri	14
3.3. Büzülme ve Su Kaybı Ölçümleri	14
3.4. Spektral ve Mikroyapı Ölçümleri	15
3.5. İstatiksel Yöntemler	15

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

16

4.1. Kuruma Süresi Değişimi	17
4.2. Büzülme ve Su Kaybı	19
4.3. Renk Özellikleri	20
4.4. FT-NIR Özellikleri	26
4.5. Mikroyapı Özellikleri	29

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

32

KAYNAKÇA	33
ÖZGEÇMİŞ	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

NIR	Near-Infrared
NIRS	Near-Infrared Spectroscopy
VIS/NIR	Visible Near-Infrared
FT-NIR	Fourier Transform Near-Infrared
g	Gram
mm	Milimetre
%	Yüzde oranı
kcal	Kilo kalori
mg	Miligram
RE	Retinol eşdeğeri
µg	Mikrogram
W	Watt
da	Dekar
FAO	Food and Agriculture Organization
nm	Nanometre
SEM	Scanning Electron Microscope
TÜRKOMP	Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
R ²	Belirleme katsayısı
kgf	Kilogram-kuvvet
RMSEP	Root Mean Square Error of Prediction
PLSR	Partial Least Square Regression
LS-SVM	Least Square-Support Vector Machine
RMSE	Root Mean Square Error
MAE	Mean Absolute Error
MRE	Mean Relative Error
pH	Power of Hydrogen
m	Metre
s	Saniye
°C	Santigrat Derece
cm	Santimetre

PLS	Partial Least Squares
RMSEE	Root Mean Squared Error of Estimation
RMSECV	Root Mean Square Error of Calibration
MPA	Multi-Purpose Analyser
LED	Light-emitting diode
ANOVA	Analysis of Variance



TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Muz, Anamur çeşidi için ortalama bileşen değerleri (yenilebilir 100 g'ı için)	2
Tablo 2	Türkiye’de muz üretim istatistikleri	4
Tablo 3	Muz üretiminde önemli ülkeler	4
Tablo 4	Yaş ve kurutulmuş muzların kısa dalga boylarında ki ağırlık, en, çap değerlerindeki tanıtıcı istatistikleri	16
Tablo 5	Yaş ve kurutulmuş muzların orta dalga boylarında ki ağırlık, en, çap değerlerindeki tanıtıcı istatistikleri	17
Tablo 6	Kısa dalga infrared ile kurutulmuş muz örneklerinin su kaybı ve büzülme değişimleri	19
Tablo 7	Orta dalga infrared ile kurutulmuş muz örneklerinin su kaybı değerleri	20
Tablo 8	Orta dalga infrared ile kurutulmuş muz örneklerinin büzülme değişimleri	20

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Nem içeriklerini belirlemede kullanılan etüv fırını	9
Şekil 2	Kızılötesi kurutma sistemi	10
Şekil 3	Kısa dalga kurutma yöntemi ile yaş ve kurutulmuş dilim muzların görüntüleri	11
Şekil 4	Orta dalga kurutma yöntemi ile yaş ve kurutulmuş dilim muzların görüntüleri	12
Şekil 5	Renk ölçer (CR-200, Konica Minolta)	14
Şekil 6	Binoküler mikroskop ve FT-NIR spektroskopi cihazı	15
Şekil 7	Farklı muz dilimlerinde kısa dalga infrared ısı kaynağının çeşitli infrared güçlerinde kuruma süresine etkisi	18
Şekil 8	Farklı muz dilimlerinde orta dalga infrared ısı kaynağının çeşitli infrared güçlerinde kuruma süresine etkisi	18
Şekil 9	Kısa dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz dilimlerinin renk parametreleri değerleri	21
Şekil 10	Orta dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz dilimlerinin renk parametreleri değerleri	24
Şekil 11	Kısa dalga kurutma ile kurutulmuş muz dilimlerinin FT-NIR spektroskopi grafikleri (a-300W kurutma, b-400W kurutma)	26
Şekil 12	Orta dalga kurutma ile kurutulmuş muz dilimlerinin FT-NIR spektroskopi grafikleri (a-300W kurutma, b-400W kurutma, c-500W kurutma)	28
Şekil 13	Kısa dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş ve yaş dilim muzların mikroskopik görüntüleri	30
Şekil 14	Orta dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş ve yaş dilim muzların mikroskopik görüntüleri	31

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Bir ürünü kurutarak saklama insanoğlunun yüzyıllardan beridir kullandığı ve doğadan ilham aldığı yöntem olarak bilinmektedir. Gıdalarda kurutmanın amacı, ürün içerisindeki suyun uzaklaştırılması olarak tarif edilmektedir. Özellikle meyve ve sebzelerin bünyelerinde barındırdıkları su oranlarının yüksek miktarda oldukları bilinmektedir. Dolayısı ile diğer tarımsal ürünler ile karşılaştırıldığında meyve ve sebzelerin kurutularak depolanması önem arz etmektedir.

Muz, ihracat ve ithalatı yüksek miktarda yapılan tropik ve subtropik iklim meyvesi olmakla birlikte raf ömrü çok uzun değildir. Günümüzde meyve ve sebzelerin kalitelerine zarar gelmeden kurutularak satılması önemli bir ticari durumdur. Ayrıca ürün kalitelerinin hasarsız bir şekilde belirlenebilmesi önemli bir olgudur. Bilindiği üzere tarımsal ürünler tarladan sofraya kadar birçok işlemden geçmektedir. Bu işlemlerin büyük bir kısmı insanlar tarafından gerçekleştirilmekte ya da kontrol edilmektedir. Bu doğrultuda son günlerde yaşanan ve dünyayı etkisi altına almış olan virüs gibi birçok salgın hastalığın insanlar yoluyla bulaştığını göz önüne alırsak tarımsal ürünlerde kullanılmakta olan hasarsız tekniklerin önemi bir kez daha anlaşılabilir. Bu kapsamda optik teknolojiler ve spektroskopik ölçüm yöntemleri hasat sonrası ürün kalitelerinin belirlenmesinde kullanılan tekniklerdendir. Hızlı, hasarsız, ucuz ve insan eli değmeden kontrolleri gerçekleştirmeleri en büyük avantajları arasında yer almaktadır. Kurutulmuş ürünlerin renk değişimleri de bir kalite parametresi olarak değerlendirilebilmektedir. Yaş ürün ile kurutulmuş ürün arasında ki optimum renk değişimleri tüketicinin tercih sebepleri arasında yer almaktadır. Uygun renk kriterlerine uymayan ürünler tüketici tarafından tercih edilmemektedir.

1.1. Muz

Muz (Musa) Tropikal bir üründür. Yaklaşık olarak 1000 çeşidi mevcuttur. Hemen hemen tüm modern yenilebilir çekirdeksiz muzlar iki vahşi türden gelir, Musa acuminata ve Musa balbisiana. Güney doğu Asya ve Avustralya kökenli bir meyvedir (Anonim, 2022). Ülkemiz 1750'li yıllarda muz ile tanışmıştır. Türkiye ticari amaçlı muz üretimine 1930'lu

yıllarda başlamıştır. Üretim arazileri ikliminden dolayı en çok Akdeniz bölgesinde yetişmektedir (Anonim, 2020).

1.1.1. Muzun Bileşen Değerleri

Muz, potasyum, C vitamini ve B6 vitamini başta olmak üzere birçok vitamin ve mineral kaynağıdır. Muzun bileşen değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1

Muz, Anamur çeşidi için ortalama bileşen değerleri (yenilebilir 100 g'ı için)

Bileşen	Ortalama
Enerji (kcal)	79
Su (g)	79,02
Kül (g)	0,49
Protein (g)	0,55
Azot (g)	0,09
Yağ, toplam (g)	0,11
Karbonhidrat (g)	18,14
Lif, toplam diyet (g)	1,69
Lif, suda çözünür (g)	0,45
Lif, suda çözünmeyen (g)	1,24
Sakaroza (g)	0,14
Glukoz (g)	5,47
Fruktoz (g)	5,82
Tuz (mg)	4
Demir, Fe (mg)	0,22
Fosfor, P (mg)	15
Kalsiyum, Ca (mg)	6
Magnezyum, Mg (mg)	28
Potasyum, K (mg)	229

Tablo 1'in devamı

Çinko, Zn (mg)	0,42
C vitamini (mg)	8,6
L-askorbik asit (mg)	8,1
Tiamin (mg)	0,021
B-6 vitamini, toplam (mg)	0,349
A vitamini (RE)	13
Beta-karoten (µg)	160
Lutein (µg)	12

(TÜRKOMP, 2022)

1.1.2. Türkiye ve Dünyada Muz Üretimi

Muz dünyada çokça tüketilen ve ülkemizde üretimi yapılan bir meyvedir. Dünyada en fazla muz üreten ülkeler başta Hindistan olmak üzere Çin, Endonezya, Brezilya ve Ekvador'dur. Dünya muz üretiminde Hindistan 31 milyon ton üretim ile ilk sırada yer alırken 11 milyon ton üretim ile Çin ikinci sırada, 8 milyon ton üretim ile Endonezya üçüncü sırada yer almaktadır. Brezilya ve Ekvator ise dünya muz üretiminde ilk beşte yer alan diğer ülkelerdir.

Türkiye'de muz üretim alanı 2017 yılında 68 bin dekar iken 2021 yılında 122 bin dekaraya yükselmiştir. Türkiye'de 2021 yılı itibariyle en çok muz üretim alanı 57 bin dekar ile Antalya, 56 bin dekar ile Mersin olmuştur. Bu illerin dışında az da olsa Adana, Hatay, Muğla, Manisa, İzmir, Osmaniye ve Denizli'de muz yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de muz üretiminin son 5 yıl içindeki yıllara göre değişimi Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2

Türkiye’de muz üretim istatistikleri

	2017	2018	2019	2020	2021
Üretim Miktarı (ton)	369009	498888	548323	728133	883455
Toplu Meyveliklerin Alanı (da)	68211	76163	84879	111544	122864

(TUIK, 2022)

Dünya muz üretimi incelendiğinde, 2020 yılında muz üretimi ve toplu meyveliklerin alanı bakımından ilk sırada Hindistan yer almaktadır. Çin, Endonezya, Brezilya ve Ekvador ise muz üretiminde önde gelen diğer ülkelerdir. Muz üretiminde ton bazına göre ilk 5’e giren ülkeler Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3

Muz üretiminde önemli ülkeler

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)	Toplu Meyveliklerin Alanı (da)
Hindistan	31504000	878000
Çin	11872600	353548
Endonezya	8182756	158147
Brezilya	6637308	455004
Ekvador	6023390	160630
Dünya Toplamı	119833677	5557060

(FAO, 2022)

Dünya muz üretiminde %26 ile Hindistan başı çekerken, Çin %9,91, Endonezya %6,83, Brezilya %5,54, Ekvador %5,03 ve Türkiye %0,61 olarak gerçekleşmiştir. Dünyada en fazla muz üretim alanına sahip ülkeler başta Hindistan olmak üzere Brezilya, Çin, Tanzanya ve Ruanda’dır.

Tezin amacı olarak; kısa ve orta dalga kızıl ötesi kurutma yöntemi ile 300-400 ve 500W kurutma derecelerinde yaş muzların belirli kuruma derecelerine kadar kurutulması,

bazı kalite özelliklerinin değişimleri ve Fourier Dönüőümlü Yakın Kızıl Ötesi Spektroskopisi ile muzların kurutma öncesi ve kurutma sonrasında ki spektroskopik değerlerin hangi yönde deęiőtięinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca elektron mikroskobu kullanılarak kurutulmuş muzların kimyasal yapı değişimlerinin gözlemlenmesi amaçlanmaktadır.

Hedef olarak;

- Yaş muzların belirli ölçülerde dilimlenmesi
- Yaş muzların renk değerlerinin belirlenmesi
- Yaş muzların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi,
- Yaş muzların FT-NIR spektroskopisi kullanılarak spektrumlarının elde edilmesi,
- Yaş muzların kısa dalga ve orta dalga boyunda 300-400-500W derecelerinde kurutulması,
- Kurutulmuş muzların fiziksel özelliklerinin ve renk parametrelerinin ölçülmesi
- Kurutulmuş muzların FT-NIR spektrumlarının elde edilmesi,
- Kurutulmuş muzların elektron mikroskobu ile yapısal deęiőikliklerinin gözlemlenmesi, yer almaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Muz önemli bir tropikal meyve olmakla birlikte karbonhidrat, mineral, vitamin ve diğer bileşikler açısından iyi bir kaynaktır. Bununla birlikte depolama açısından raf ömrü oldukça uzun olmayan bir üründür. Bir çok sebze ve meyve raf ömrünü uzatma işlemlerinde kalitelerini korurken muz sıcaklık değişimlerin de mevcut kalitesini koruyamamaktadır (Pu, vd., 2018).

Meyve ve sebzelerin işlenmesinde kurutma önemli ve kalite açısından hassas bir süreç olarak görülmektedir. Endüstriyel uygulamalarda kurutma işlemi süreç olarak büyük enerji ihtiyacına gerek duyan bir işlemdir (Ratti, vd., 2006). Tarımsal ürünlerin düşük ısı iletim özellikleri sıcak hava ile kurutma işlemlerinin yavaş gerçekleşmesinin esas nedenidir ve enzimatik kararma, zayıf kuruma karakteristiği ve besin değeri kayıpları geleneksel kurutma yöntemlerinin genel problemleridir (Hebbar, vd, 2004). Kurutma, gıda ve tarım ürünlerinin uzun süre depolanması veya uzun raf ömrünün elde edilmesine yardımcı olmakta, ürünün ağırlığının ve hacminin önemli derecede azalmasına ilave olarak kurutulmuş ürünün soğutma gerektirmemesi nedeniyle depolama ve taşıma işlemlerini kolaylaştırmakta böylece maliyeti önemli derecede azaltmaktadır. Yakın kızıl ötesi spektroskopisi gıdaların kalitelerinin hasarsız bir şekilde tespit edilmesinde kullanılan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Hızlı, doğruluğu yüksek, maliyetinin düşük olması ve ürünleri hasarsız bir şekilde analiz ederek tekrar kullanıma sunması en büyük avantajları arasında gösterilmektedir.

Önerilen tez konusu ile ilgili olarak seçilen bazı çalışmaların özetleri aşağıda sunulmuştur:

Liew ve Lau. (2012), yapmış oldukları çalışmada Cavendish muzunun yakın kızıl ötesi (NIR) spektroskopisi ile kuru madde içeriği ve sertlik parametrelerini incelemişlerdir. Spektral ölçümler 680-2500 nm aralığında taranmıştır. Farklı olgunluk indekslerinde sertlik ve kuru madde içeriği kalibrasyon modelleri için belirleme katsayısı (R^2), sırasıyla 0,78 ile 0,86 ve 0,75 ile 0,96 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Kalibrasyon modelleri, sertlik ve kuru madde içeriği için sırasıyla 0,01 ile 0,26 kgf ve 0,039 ile 0,788 Brix arasında değişen kök ortalama kare tahmini hatası (RMSEP) ile geliştirilen bağımsız veri setleri ve tahmin modelleri kullanılarak doğruluk derecelerini belirlenmiştir. Sonuçlar, NIR

spektroskopisinin Cavendish muzunun kalitesinin tahribatsız olarak belirlenmesi için uygulanabilirliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Zude (2003), muz meyvesinin olgunluğunu ve kalitesini daha kesin bir şekilde ölçmek için tahribatsız, hızlı bir araç yöntemini araştırmayı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Muz meyvesinin olgunlaşma periyodunda renk önemli bir yer almaktadır. Yapılan işlemler ürünün renk aşamalarına göre değerlendirilmektedir. Çalışma da dört farklı renk aşamasında olan muzlar seçildiği belirtilmiştir. Spektral okumaların kalibrasyon modeli ve hasarlı laboratuvar testleri sonucunda, klorofil a için $R^2 = 0,70$ tayini, glikoz için standart kalibrasyon hataları (ölçek) 1,6 olan $R^2 = 0,96$ ve standart 1,8 çapraz doğrulama; sakkaroz için $R^2 = 0,94$ (0,8); früktoz için $R^2 = 0,96$ değerleri tespit edildiği belirtilmiştir. Sonuç olarak; VIS / NIRS'in, meyve klorofil ve şeker içeriklerinin belirlenmesine dayanarak tüm muz meyvelerinin olgunluğunu ve kalitesini tahribatsız olarak tahmin etme potansiyelinin yüksek olduğu belirtilmiştir.

Santoyo-Mora, vd., (2019); multispektral görüntü işleme kullanarak yedinci seviye olgun muzlarda tanımlama çalışması yapmışlardır. Çalışmada 270-1000 nm aralığında 10 optik filtreli monokromatik kamera sistemi kullanılmıştır. Fourier fraktal, Hotelling değişimi ve cooccurrence matrisi sistemine dayalı doku homojenite testi olmak üzere 3 farklı ölçüm tekniği kullanılmıştır. Her tekniğin tekrarlanabilirliği, değerlendirme süresi boyunca her gün için benzer değerler üretilerek değerlendirildiği bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sadece 2 optik filtre kullanarak kahverengi lekeleri muz kabuğundan etkili bir şekilde izole etmenin mümkün olduğunu göstermektedir. Elde edilen spektral görüntü ile olgunlaşma işleminde mevcut kahverengi lekelerin değişimi doku homojenliği kriterlerini başarılı bir şekilde saptadıkları belirtilmiştir.

Feng, vd., (2020); çin koca yemişi pH ve çözülebilir kuru madde içeriklerinin renk sistemleri yardımı ile hasarsız olarak tespit edilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada NRGB, CIELAB, CMY, HSI, I1I2I3, ve YCbCr 6 farklı renk sistemleri kullanılmış olup bölünmüş en küçük kareler regresyonu (Partial Least Square Regression-PLSR) ve en küçük destek vektör makinesi (Least Square-Support Vector Machine (LS-SVM) modelleme sistemleri kullanarak pH ve çözülebilir kuru madde içeriklerini tahminlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, pH değerlerinin tahminlenmesinde PLSR ve LS-SVM modelleri yüksek doğruluk tespiti ($r = 0,93-0,96$, $RMSE = 0,09-0,12$) göstermiştir. Çözülebilir kuru madde için PLSR model ile modelleme yapıldığında CIELAB renk sistemi ($r = 0,90$, $RMSE = 0,91$,

MAE = 0,69 ve MRE = 0,12) ve HSI renk sistemi ($r = 0,89$, RMSE = 0,95, MAE = 0,73 ve MRE = 0,13) en iyi tahmin sonuçlarını verdikleri belirtmişlerdir. Sonuçlar irdelendiğinde Çin koca yemişi için pH ve Çözülebilir kuru madde içeriklerinin renk sistemleri yardımı ile hasarsız olarak tahminlenmesine uygun olduğu kanısına varmışlardır.

Ali, vd., (2018), yapmış oldukları çalışmada 1000-2500 nm aralığında yakın kızıl ötesi spektroskopisi kullanarak muzlarda pH ve kuru madde içeriğini belirlemeye amaçlamışlardır. Çalışmada beş değişik olgunlukta 32 adet muz örneği kullanılmıştır. Kuru madde içeriği ve pH değerleri tahminleme ve kalibrasyon setlerinde ki absorbans dataları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Sonuçlara bakıldığında kuru madde içeriği için tahminleme modelinde $R^2=0,81$ (RMSEP: 3,91) sonuçları ile. pH değerlerinin ise $R^2= 0,69$ (RMSEP: 0,36) olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçlar doğrultusunda yapılan çalışmada yakın kızıl ötesi spektroskopisinin muzlarda kuru madde içeriğinin başarılı bir şekilde tahminlendiği belirtilmiştir.

Kocabıyık, vd., (2015) yaptıkları çalışmada radyasyon yoğunluğu 1830, 2385, 2640, 2880, ve 3165 W/m² ile 1,0, 1,5, ve 2,0 m/s hava hızlarında domates dilimlerinin son kalite özelliklerini ve kuruma karakteristiklerini incelemişlerdir. Sonuçlara bakıldığında kuruma süresinin hava hızının artışı ile arttığı ve infrared radyasyon yoğunluğunun artışı ile de kısaldığını saptamışlardır. Domates dilimlerinin büzülme değerlerinin 0,139-0,203 arasında ve rehidrasyon oranlarının 2,14-3,40 arasında tüm kuruma koşullarında olduğunu belirtmişlerdir. Toplamda, domatesteki kızılötesi kurutmanın iyi bir besinsel tutma ve düşük enerji maliyeti sağladığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle, kızılötesi radyasyon, domates dilimlerinin kurutulması açısından hem beslenme hem de operasyonel açılarından kullanılabilir olduğunu gösterilmektedir.

Nozad, vd., (2016) nane yaprakları üzerinde sıcak hava, infrared ve sıcak hava-infrared kombinasyonun kuruma hızlarında, enerji tüketimleri, renk, rehidrasyon ve yağ içeriklerini olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada sıcak hava olarak 30-40 ve 50 °C hava sıcaklıkları ile 0,5-1 ve 1,5 m/s hava hızları kullanılmıştır. İnfrared kurutma işlemlerinde ise 1500-300 ve 4500 W/m² radyasyon yoğunluğu ile 10-15 ve 20 cm uzaklık ve 0,5-1 ve 1,5 m/s hava hızı denenmiştir. Sonuçlar ayrıca kombine kurutmanın, tek başına sıcak hava veya kızılötesi ile ayrı ayrı kurutulan yapraklara kıyasla üstün kalitede kurutulmuş yapraklarla sonuçlandığını ve daha düşük toplam renk değişimi, daha fazla rehidrasyon oranı ve daha yüksek özütlenme yağı verimi gösterdiğini saptamışlardır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

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 396 adet muz dilimi kullanılmıştır. Bu muz örneklerinin 198 adeti kısa dalga kurutma yönteminde diğer 198 adeti ise orta dalga kurutma yönteminde kullanılmıştır. Kısa dalga kurutmada kullanılan 500W infared gücü, denemeler sırasında ürünleri yaktığından bu kategoride (500W) ölçümler alınmamış ve istatistiksel analizler 132 adet muz dilimi örneği üzerinden yapılmıştır. Dilimlenen muzlar herhangi bir ön işlem den geçirilmemiştir. Dilimlenmiş muzların ilk nem içerikleri etüv içerisinde 105 °C’de yaklaşık 5 saat bekletilerek %70 (yaş baz) olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Nem içeriklerini belirlemede kullanılan etüv fırını

3.1. Kurutma Yöntemleri

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 1500W (1,0 -1,4 μm) ve orta dalga boyu için 1250W (2,4-2,7 μm) (Heraeus-Noblelight, Almanya) infrared ısıtıcı kaynakları kullanılmıştır. Kurutma denemeleri, 300, 400, ve 500W infrared ısıtıcı gücüne denk gelen kısa dalga infrared radyasyon yoğunluğunda (1830, 2640 ve 3165 W/m^2) ve orta dalga infrared radyasyon yoğunluklarında (894, 1190 ve 1410 W/m^2) 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.



Şekil 2. Kızılötesi kurutma sistemi

Şekil 3 ve Şekil 4’de dilimlenmiş muz örneklerinin sırasıyla kısa dalga infrared ve orta dalga infrared kurutma yöntemi kullanılarak kurutma öncesi ve sonrasında ki durum değişimleri yer almaktadır.



300W-6 mm Yaş

300W-8 mm Yaş

300W -10 mm Yaş



300W-6 mm Kuru

300W-8 mm Kuru

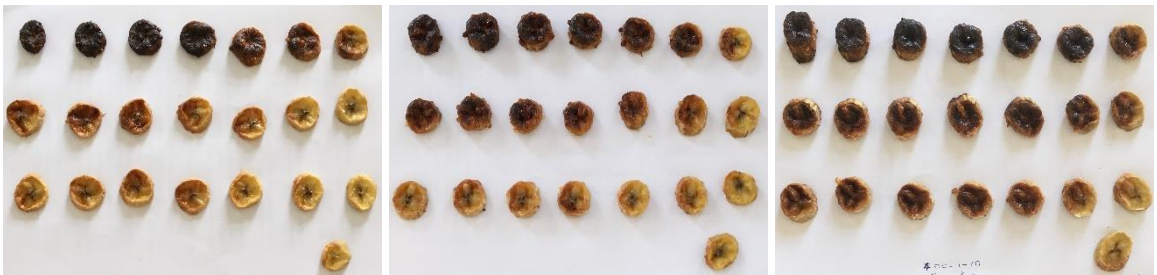
300W-10 mm Kuru



400W-6 mm Yaş

400W-8 mm Yaş

400W-10 mm Yaş



400W-6 mm Kuru

400W-8 mm Kuru

400W-10 mm Kuru

Şekil 3'ün devamı



500W-6 mm Yaş

500W-8 mm Yaş

500W-10 mm Yaş



500W-6 mm Kuru

500W-8 mm Kuru

500W-10 mm Kuru

Şekil 3. Kısa dalga kurutma yöntemi ile yaş ve kurutulmuş dilim muzların görüntüleri



300W-6 mm Yaş

300W-8 mm Yaş

300W-10 mm Yaş



300W-6 mm Kuru

300W-8 mm Kuru

300W-10 mm Kuru

Şekil 4'ün devamı



400W-6 mm Yaş

400W-8 mm Yaş

400W-10 mm Yaş



400W-6 mm Kuru

400W-8 mm Kuru

400W-10 mm Kuru



500W-6 mm Yaş

500W-8 mm Yaş

500W-10 mm Yaş



500W-6 mm Kuru

500W-8 mm Kuru

500W-10 mm Kuru

Şekil 4. Orta dalga kurutma yöntemi ile yaş ve kurutulmuş dilim muzların görüntüleri

3.2. 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 ΔE ($\sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$) değerleri $L a b$ renk sistemi kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 5. Renk ölçer (CR-200, Konica Minolta)

3.3. Büzülme ve Su Kaybı Ölçümleri

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

$$Su\ Kaybı = \left(\frac{Yaş\ ürün - Kuru\ ürün}{Yaş\ ürün} \right) * 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Büzülme Oranı} = \left(\frac{\text{Yaş ürün çapı} - \text{Kuru ürün çapı}}{\text{Yaş ürün çapı}} \right) \quad (3.2)$$

3.4. 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 yansımaya (Reflectance) ölçümleri alınmıştır. Her bir yansımaya ölçümü 32 adet tarama ile gerçekleştirilmiştir. FT-NIR spektral ölçümlerinin alınmasında 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. Ölçümler 10x yakınlaştırma olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Binoküler mikroskop ve FT-NIR spektroskopi cihazı

3.5. İstatiksel Yöntemler

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.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Denemelerde kullanılan muzların ağırlık, en ve çap değerlerinin tanıtıcı istatistikleri Tablo 4 ve Tablo 5’de yer almaktadır. Kısa dalga infrared kurutma sırasında 500W enerji düzeyinde yapılan denemelerde ürünler yüksek enerji seviyelerine maruz kaldığından dolayı ölçülemez hale gelmiştir. Kısa dalga kurutmada yaş örnekler (kurutulmadan önce) ağırlık bakımından 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 % 64,15 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ürünlerin boyutsal özelliklerinden olan en ölçümlerinde ise ortalamaların yüzdesel bazda değişimine bakıldığında % 14,38 olarak hesaplanırken çap ölçümleri %14,24 oranında küçülme eğilimi göstermiştir.

Orta dalga infrared kurutma da dilimlenmiş muz örneklerinin yaş ağırlıkları 2,57-8,56 g aralığında olurken kurutulmuş dilimlerde 0,83-3,66 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Orta dalga infrared ile kurutulan muz dilimlerinin ağırlık ortalamalarında ki değişim ise % 61,07 olarak tespit edilmiştir. Kurutulan muz dilimlerinde ki en ve çap değişimleri ele alındığında sırasıyla %14,61 ve %13,70 oranında boyutsal küçülmenin olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4

Yaş ve kurutulmuş muzların kısa dalga boylarında ki ağırlık, en, çap değerlerindeki tanıtıcı istatistikleri

	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

Tablo 5

Yaş ve kurutulmuş muzların orta dalga boylarında ki ağırlık, en, çap değerlerindeki tanıtıcı istatistikleri

	Ağırlık (g)		En (mm)		Çap (mm)	
	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
Minimum	2,57	0,83	27,17	21,40	17,29	13,26
Maksimum	8,56	3,66	41,33	39,87	32,57	32,27
Standart Hata	1,49	0,68	2,78	2,56	2,57	2,76
Ortalamalar	5,37	2,09	31,96	27,30	27,70	23,90
n	198	198	198	198	198	198

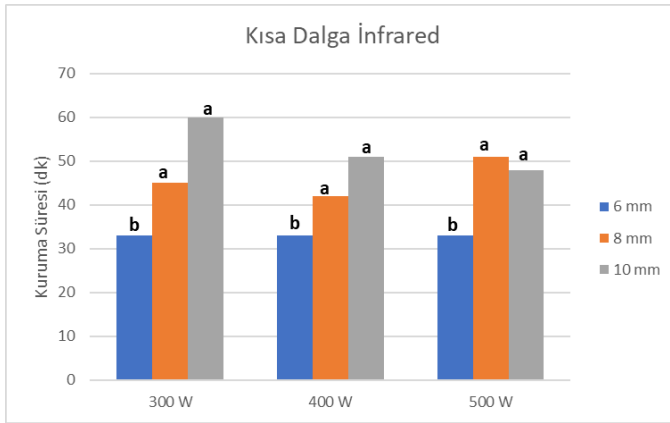
4.1. Kuruma Süresi Değişimi

Taze muzların ilk nem içeriği olan %70 (yb)'den depolanabilir güvenli kuruma düzeyi olan %25-30 aralığına kadar kısa dalga ve orta dalga infrared boyunda yapılan kurutma denemeleri neticesinde elde edilen kuruma sürelerine ait grafikler Şekil 7 ve Şekil 8'da yer almaktadır. Kısa dalga infrared ısı kaynağı kullanıldığında kuruma süreleri 33-60 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 istatiksel 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.

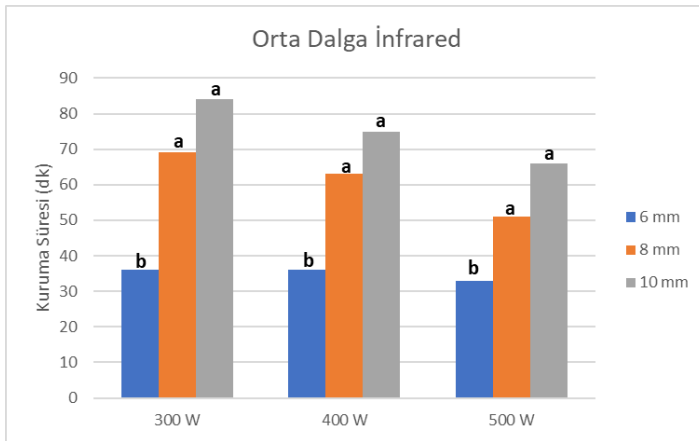
Orta dalga infrared kurutmada kuruma süreleri 33-84 dakika aralığında oldukları gözlemlenmiştir. Kısa dalga infrared kurutmada ki istatiksel sonuçlar orta dalga içinde benzerlik göstermektedir. İstatiksel olarak enerji seviyelerinde fark olmamakla birlikte dilim kalınlıkları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Daha ince bir şekilde (6 mm) dilimlenen muzlar örnekleri istatiksel olarak 8 ve 10 mm olan dilimlerden kuruma süreleri bakımından farklılıklar içermektedir ($p > 0.05$).

Benzer şekilde Swasdisevi, vd., (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

sıcaklıkta 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, vd., (2016) domates üzerinde yaptıkları çalışmada 300-400 ve 500W kısa dalga infrared kurutma kullanarak domateslerin 120 ile 213 dakika aralığında güvenli kuruma düzeyine ulaştığını saptamışlardır. 500W enerji düzenin en kısa ve 300W enerji düzeyinin en uzun kuruma süresine etki ettiği belirtilmiştir. İnfrared kurutma düzeyi arttıkça domateslerin kuruma süresinin azaldığı ortaya çıkmaktadır. Yaptığımız çalışmada ortaya konan kuruma zamanı ve infrared güç değerleri arasındaki ilişkiler benzerlik göstermektedir.



Şekil 7. Farklı muz dilimlerinde kısa dalga infrared ısı kaynağının çeşitli infrared güçlerinde kuruma süresine etkisi



Şekil 8. Farklı muz dilimlerinde orta dalga infrared ısı kaynağının çeşitli infrared güçlerinde kuruma süresine etkisi

4.2. Büzülme ve Su Kaybı

Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 8’de dilimlenmiş muz örneklerinin su kaybı ve büzülme değişimleri yer almaktadır. Tablo 6’ dan da anlaşılacağı üzere muz dilimlerinin kalınlıkları kısa dalga infrared kurutma yönteminde 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 300W-10 mm kalınlıkta ulaştığı görülürken, en düşük büzülme oranı ise 300W-6 mm kalınlıktaki muz dilimlerinde gözlemlenmiştir. Büzülme oranları kısa dalga infrared güç ve kalınlık koşullarında çok ciddi bir değişime uğramadığından istatistiksel olarak farka rastlanmamıştır.

Tablo 6

Kısa dalga infrared ile kurutulmuş muz örneklerinin su kaybı ve büzülme değişimleri

	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 ($p>0.05$).

Orta dalga infrared kurutma uygulaması ile kurutulmuş muz dilimlerinin su kaybı değerleri Tablo 7 ve Tablo 8’de verilmektedir. Su kaybı değerlerine bakıldığında en fazla su kaybı 400W- 6 mm kalınlığı sahip muz dilimlerinde gerçekleşmiştir. En az değişim ise 300W- 8 mm kalınlığa sahip örneklerde görülmektedir.

Tablo 7

Orta dalga infrared ile kurutulmuş muz örneklerinin su kaybı değerleri

IP	Dilim Kalınlığı	Su kaybı (%)
300W	6 mm	62,95±1,60 a
	8 mm	58,22±1,48 bc
	10 mm	59,10±0,59 c
400W	6 mm	63,61±1,19 a
	8 mm	61,14±1,30 abc
	10 mm	61,95±1,18 ab
500W	6 mm	61,36±0,98 abc
	8 mm	62,70±1,61 a
	10 mm	62,26±0,61 ab

Tablo 8

Orta dalga infrared ile kurutulmuş muz örneklerinin büzülme değişimleri

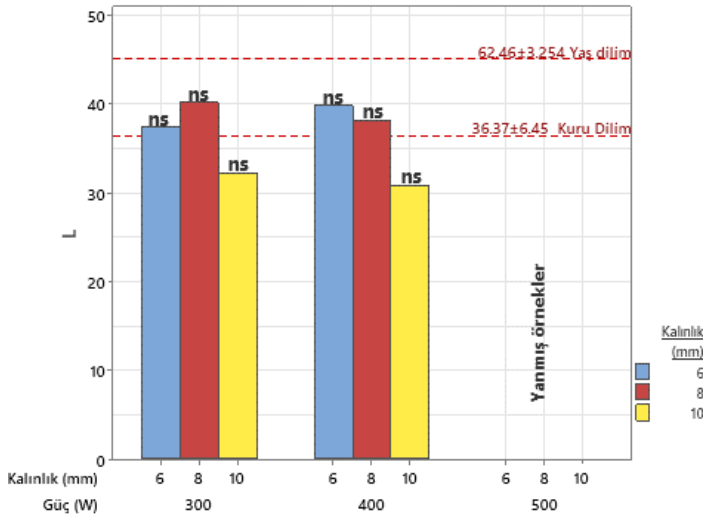
IP	6 mm	8 m	10 mm	Ortalama
300W	0,5637±0,0577	0,5759±0,0200	0,6243±0,0550	0,5880±0,0496 B
400W	0,6291±0,0281	0,5894±0,0611	0,6229±0,0272	0,6138±0,0407 AB
500W	0,6596±0,0787	0,6029±0,0502	0,6976±0,0248	0,6534±0,0635 A

A-B: Aynı sütunda ki aynı harfler ile gösterilen uygulamalar arasında istatistiki açıdan fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

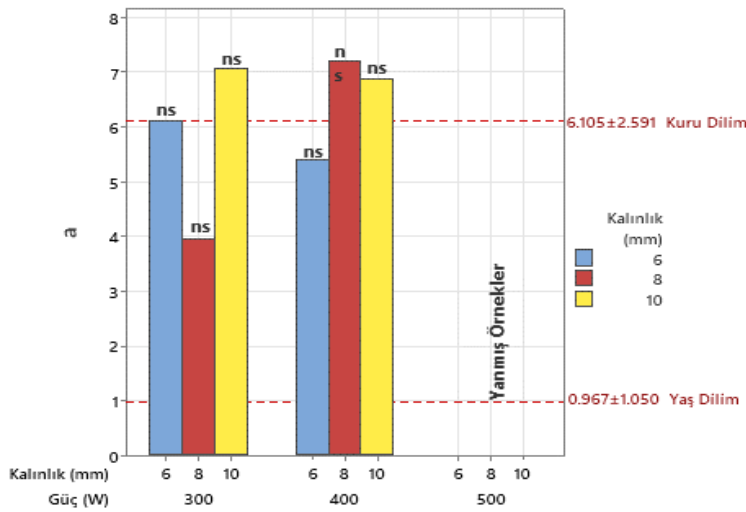
4.3. Renk Özellikleri

Renk özellikleri, kuru ve yaş gıda ürünlerindeki kalite parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Kısa dalga kurutma ile kurutulmuş muz dilimlerinin farklı dilim kalınlıklarının da ve farklı kurutma düzeylerindeki değişimi Şekil 9'de yer almaktadır. Sonuçlara bakıldığında tüm renk parametrelerinde istatikselsel olarak güç*kalınlık etkisi istatikselsel olarak önemsiz çıkmıştır ($p>0.05$). Renk değerleri, değişik güç ve kalınlıklarda kurutulan muz örnekleri üzerinde istatistiki olarak herhangi bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. 500W güç altında kurutulan muz örnekleri yanma durumu göstermiş olduğundan dolayı istatikselsel analizlere tabi tutulmamışlardır. Varyans analizi sonuçlarına göre; dilim muz kalınlıklarının renk parametreleri üzerine etkisi istatikselsel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Şekil 7(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 9(b)) renk değerleri içinde söz konusudur. Dilimlenmiş yaş muzların ortalaması $0,967$ iken kurutma sonrasında $6,105$ değerine kadar yükseldiği bulunmuştur. +b (sarılık) (Şekil 9(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 9(e)) değerlerine bakıldığında ortalamaların birbirine çok yakın olduğu göze çarpmaktadır.

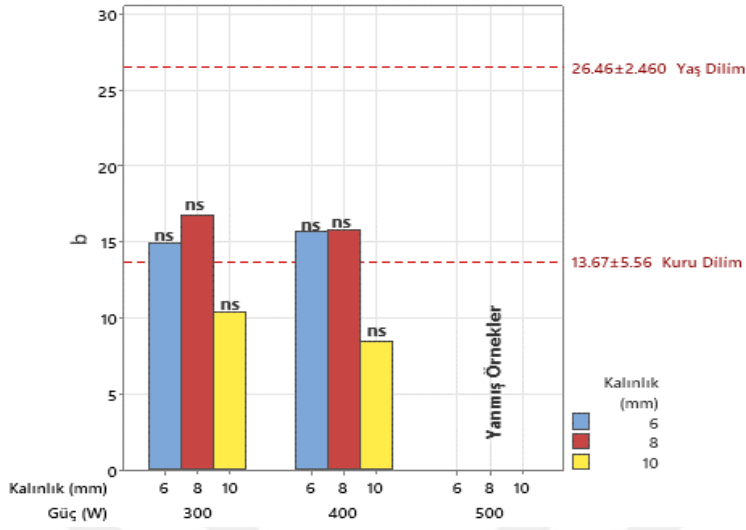


(a)

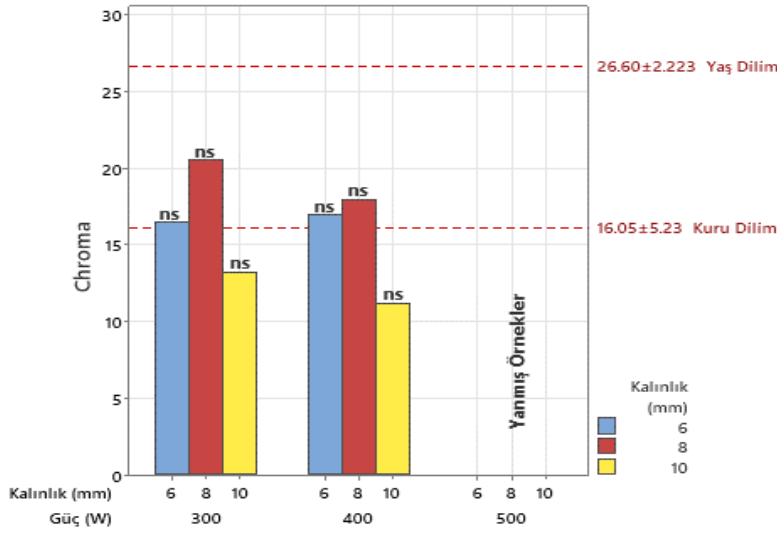


(b)

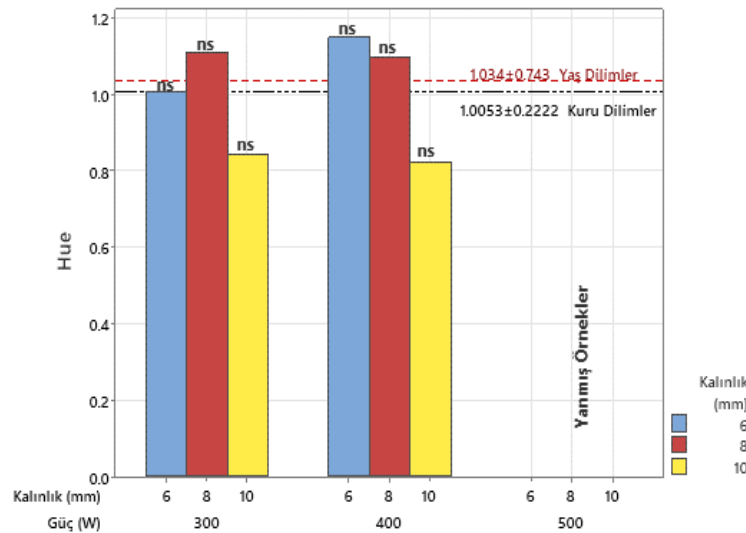
Şekil 9'un devamı



(c)

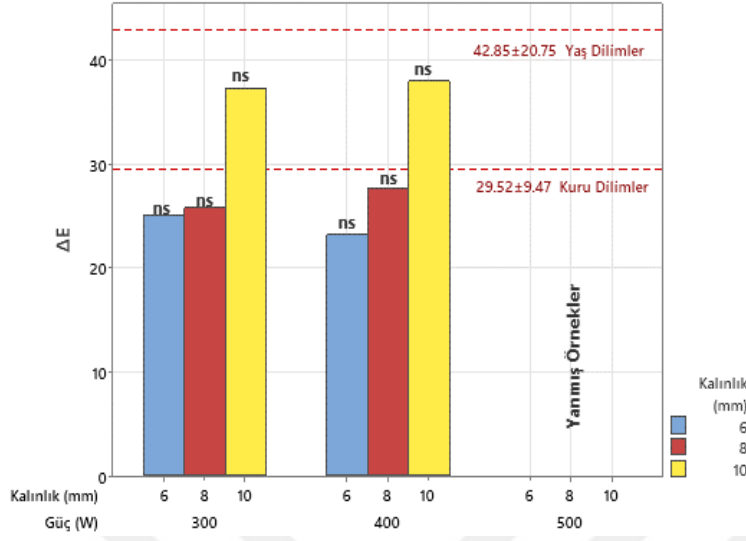


(d)



(e)

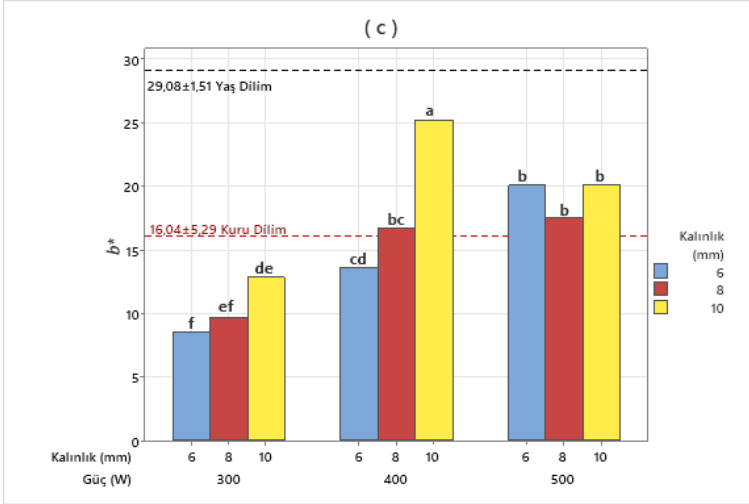
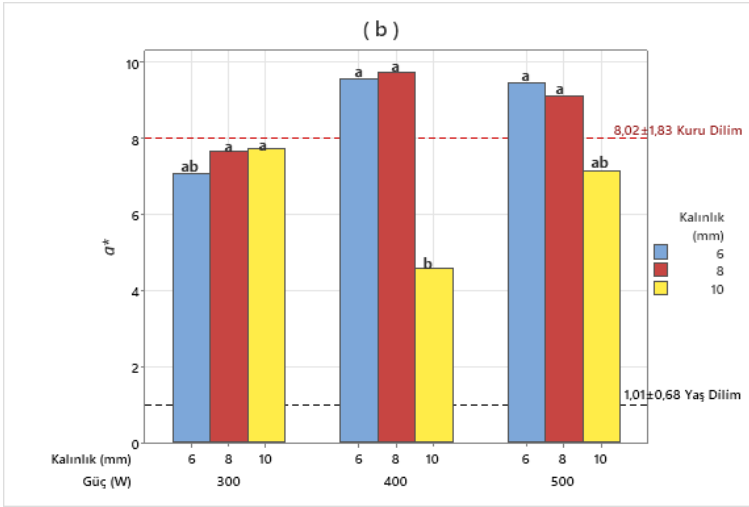
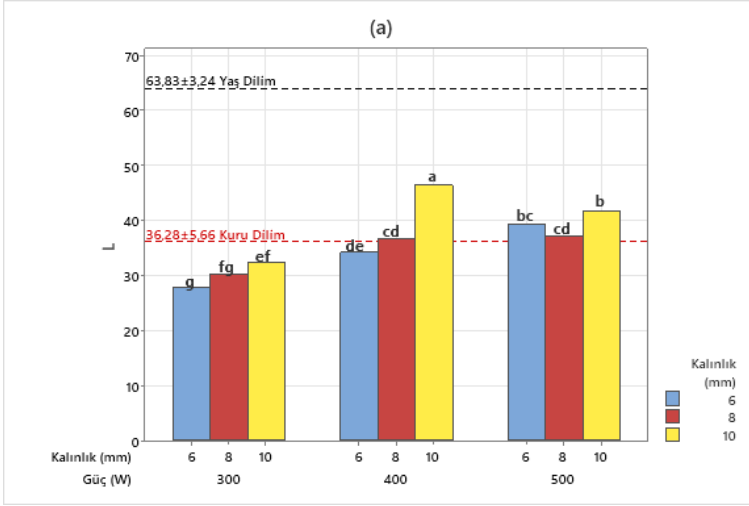
Şekil 9'un devamı



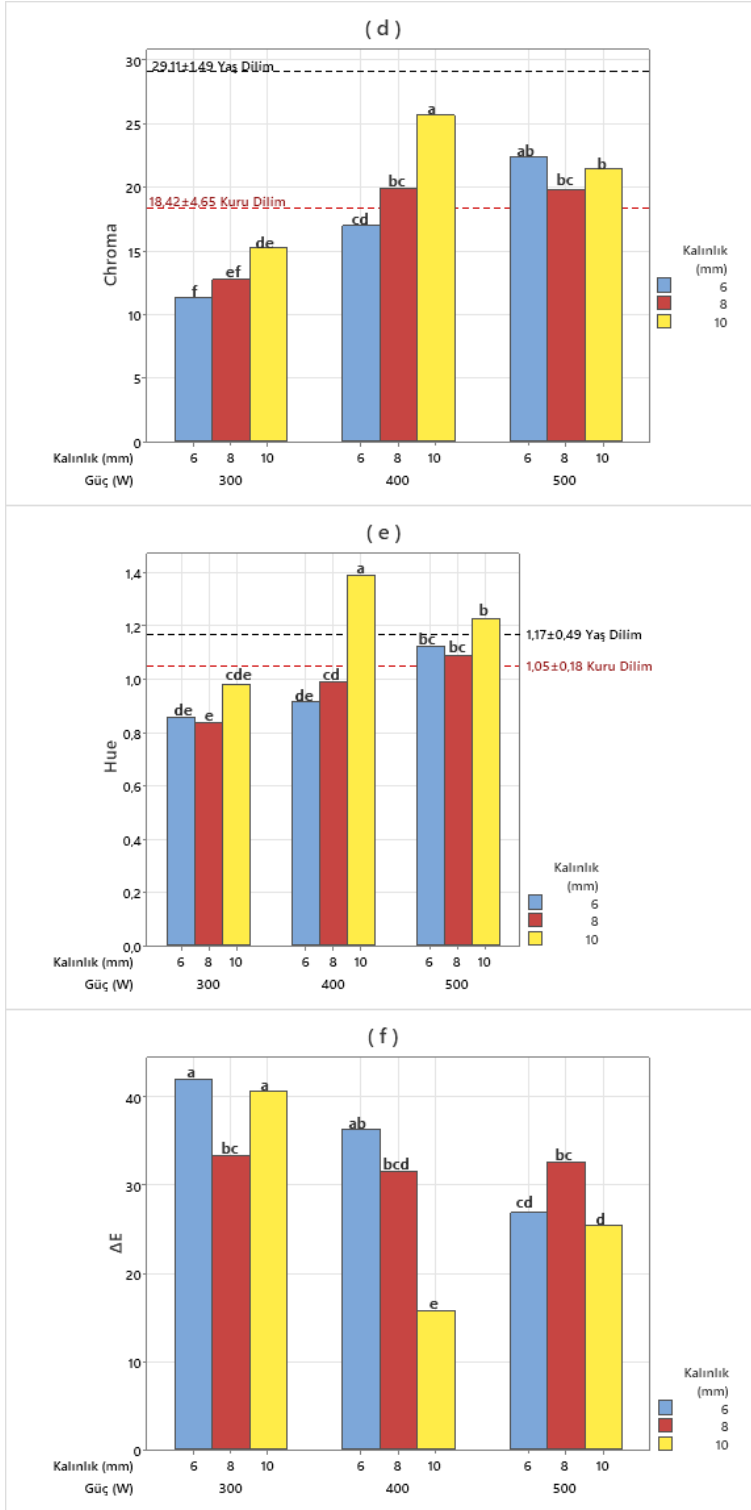
(f)

Şekil 9. Kısa dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz dilimlerinin renk parametreleri değerleri

Orta dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz dilimlerinin renk değerlerine ilişkin değerler Şekil 10'da yer almaktadır. ΔE renk değişim değerlerine bakıldığında (Şekil 10-f) en çok renk değişiminin 300W orta dalga kurutma değerinde olup 6 ve 10 mm kalınlıklarda kurutulan muz dilimlerinde olduğu görülmektedir. b^* değerlerine bakıldığında 400W-10 mm kalınlığındaki muz dilimleri diğer örneklere göre istatistiki açıdan farklılık içermektedir (Şekil 10-c). 500W orta dalga kurutma ile kurutulan örneklerde ise yine b^* renk parametleri istatistiki açıdan fark olmadığı ortaya konmaktadır. Yaş muz dilimlerinin ortalama değerleri incelendiğinde istatistiki açıdan en yakın değer olarak 400W- 10 mm kalınlığında ki örnekler olduğu tespit edilmiştir.



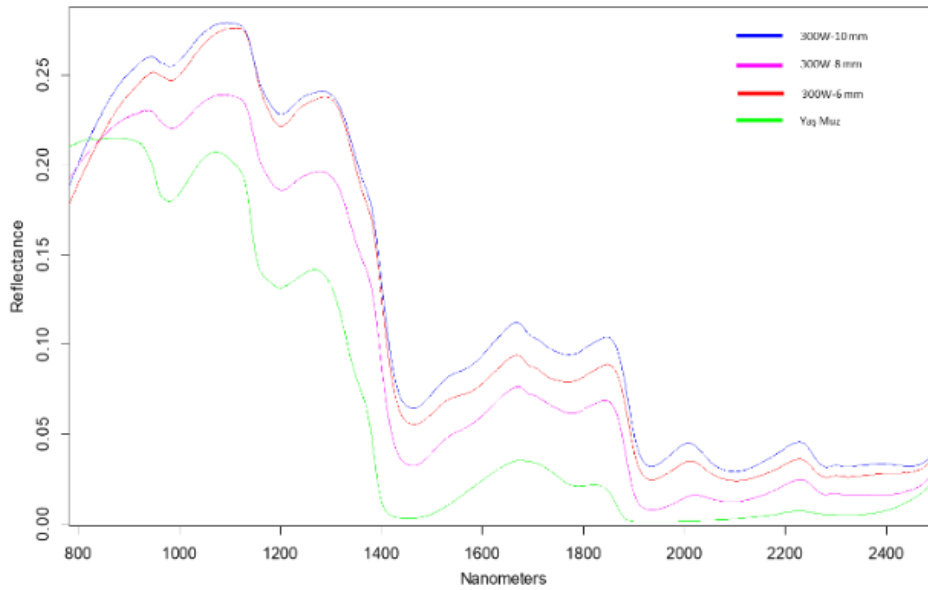
Şekil 10'un devamı



Şekil 10. Orta dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz dilimlerinin renk parametreleri değerleri

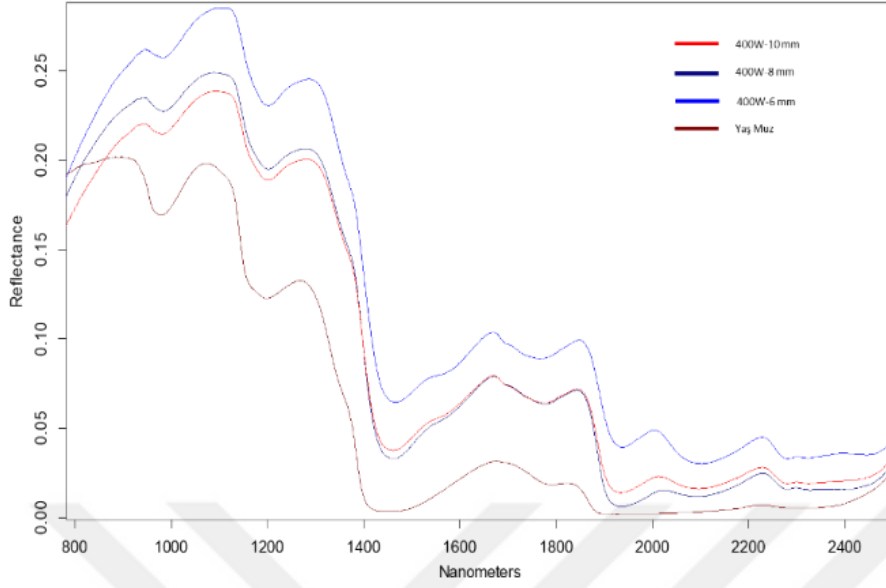
4.4. FT-NIR Özellikleri

Kısa dalga kurutma ile kurutulmuş dilim muz örneklerinin FT-NIR spektroskopi ölçümleri Şekil 11’da yer almaktadır. 300W yoğunlukta kurutulan farklı muz dilimleri yaş örneklere göre daha yüksek yansımaya (reflection) yoğunluğu göstermektedir. En yüksek yansımaya yoğunluğunu 10 mm kalınlığındaki dilimler göstermiştir. 400W enerji yoğunluğunda kurutulan muz dilimlerinde ise en yüksek yansımaya yoğunluğunu 6 mm kalınlığındaki muz dilimleri gösterirken 10 mm olanlar en düşük yoğunlukta spektrum vermişlerdir. Kurutma yoğunluğu arttıkça ince dilimlerin daha yüksek yansımaya yoğunluğu gösterdiği görülmektedir. Ayrıca 970, 1190 ve 1450 nm’deki pikler suyun bileşimini oluşturan O-H bağları olarak tanımlanmaktadır (Pu vd., 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 300W kurutmada 10 ve 8 mm kalınlığındaki örnekler istatistiki açıdan fark bulunamamış olup benzer sonuçlar da 300W NIR spektroskopi değerlerinde bu iki kalınlığın birbirine daha yakın yansımaya değerleri olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar 400W kurutma süreleri içinde söylenebilmektedir. Kurutma işlemleri sırasında ürünlerdeki nem içeriklerindeki azalmaların spektrumlarında su absorpsiyonu (emilim) yoğunluğunun azalmasına da neden olmaktadır.



(a)

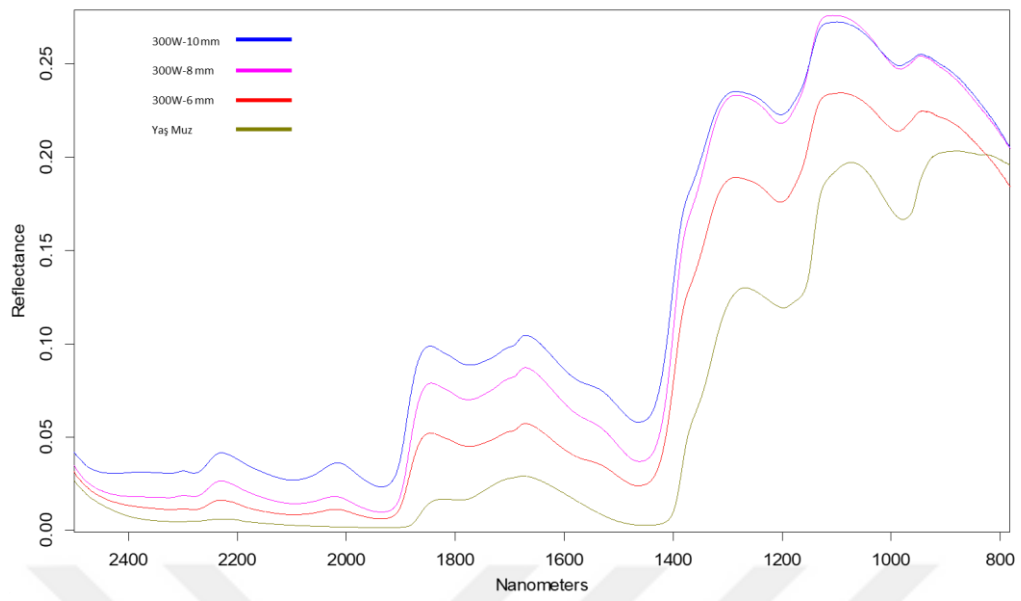
Şekil 11'in devamı



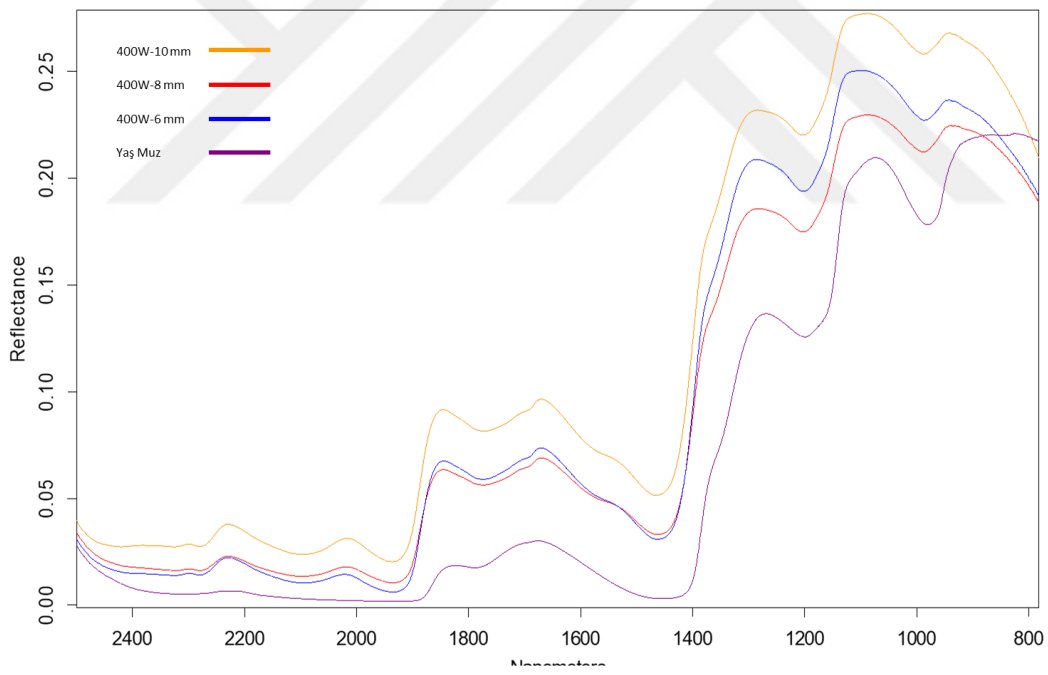
(b)

Şekil 11. Kısa dalga kurutma ile kurutulmuş muz dilimlerinin FT-NIR spektroskopi grafikleri (a-300W kurutma, b-400W kurutma)

Şekil 12'da orta dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz dilimlerinin FT-NIR grafikleri yer almaktadır. Elde edilen spektroskopik ölçümler neticesinde tüm kurutma güçlerinde 10 mm kalınlığında ki muz dilimleri en yüksek yansımaya sonucuna ulaştığı görülürken en düşük yansımaya ise yaş muz örneklerinde olduğu görülmektedir. Burada da kısa dalga infrared kurutmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kalınlık arttıkça yansımaya özelliğinin daha yüksek miktarlarda olduğu saptanmıştır. Önemli piklere bakıldığında 1100-1280-1650-1890 nm değerleri görülmektedir.

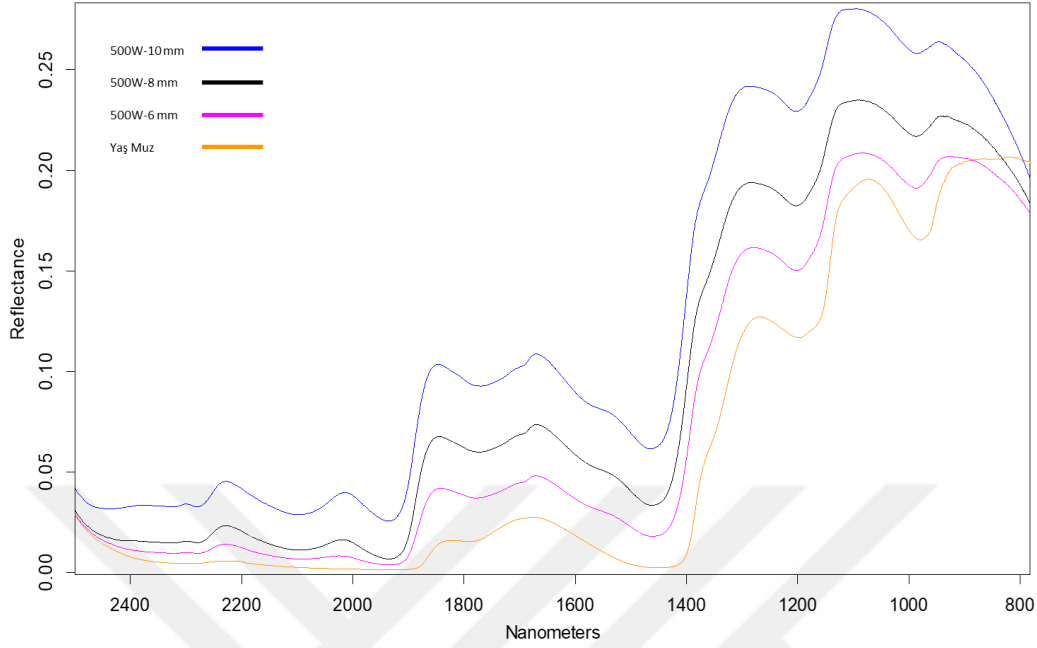


(a)



(b)

Şekil 12'nin devamı



(c)

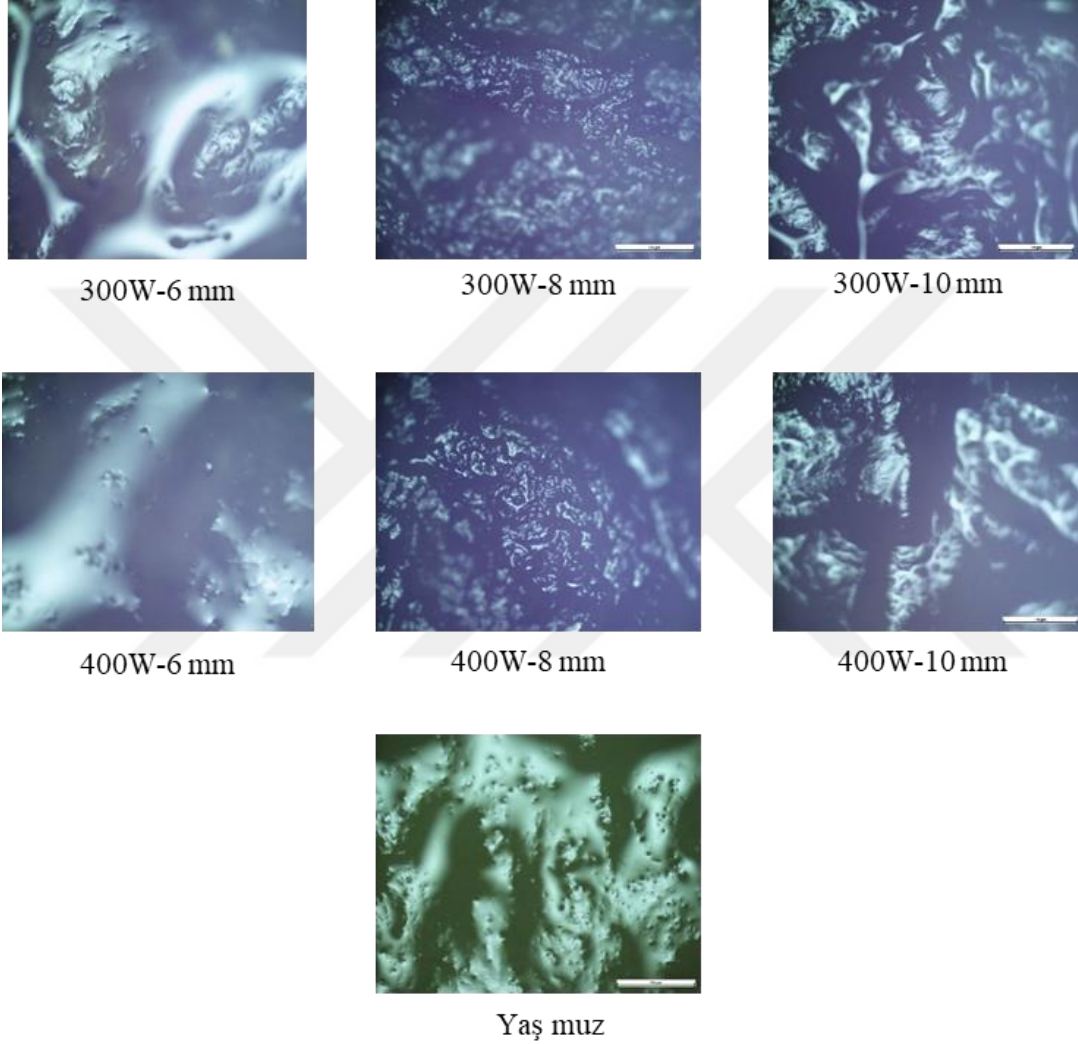
Şekil 12. Orta dalga kurutma ile kurutulmuş muz dilimlerinin FT-NIR spektroskopi grafikleri (a-300W kurutma, b-400W kurutma, c-500W kurutma)

4.5. Mikroyapı Özellikleri

Şekil 13'de kısa dalga kurutma yöntemi ile 300 ve 400W kurutma derecelerinde ve 6-8-10 mm dilim kalınlıklarındaki 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, vd., 2022).

Yaş muz dilimi ile kuruma parametrelerine bağlı görüntüler karşılaştırıldığında muz dilimlerinin camsı yüzeyinin kurutma gücüne bağlı olarak parçalandığı ve kısa dalga ışınlarının yüzeydeki camsı yapıda bulunan suyu uçurduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı artıça daha camsı olan yüzeyler gözenekli matris bir yapıya dönüşmektedir. Kısa dalga kurutma ile verilen ısı miktarına bağlı olarak yüzeydeki camsı dokuda parçalanmalar oluşmaktadır. Kurutma sırasında, buharlaşan suyun hacmi kısmen hava ile değiştirilir.

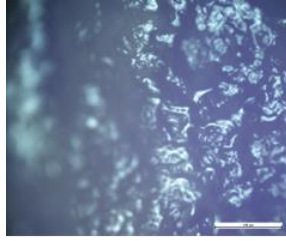
Böylece gerçekleşen büzülme olayı gözenekliliğin azalmasına sebep olmaktadır. Elma dilimi (Segura, vd., 2014) ve muz cipsi (Porciuncula, vd., 2016) gibi çalışmalarda alınan görüntülerde de benzer sonuçlar olduğu ortaya konulmuştur.



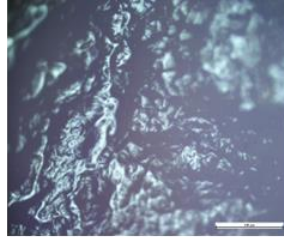
Şekil 13. Kısa dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş ve yaş dilim muzların mikroskopik görüntüleri

Orta dalga kurutma ile kurutulmuş muz dilimlerinin mikroskopik görüntüleri şekil 14’de gösterilmektedir. Binoküler mikroskop kullanılarak 300-400 ve 500W kurutma güçlerinde kurutulan farklı kalınlarda ki (6-8-10 mm) muz dilimlerinin görüntüleri alınmıştır. Kurutma işlemlerinden önce çekilen yaş muz örneklerinin görüntülerine

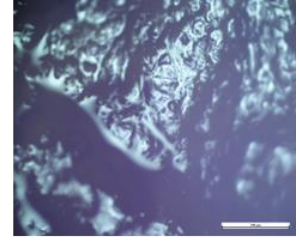
bakıldığında pürüzsüz ve birbirine bağlı bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum muz ürünlerinin lifli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.



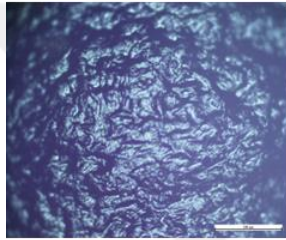
300W-6 mm



300W-8 mm



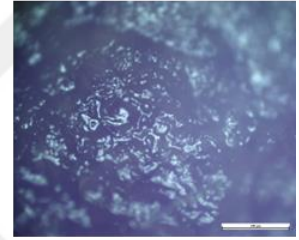
300W-10 mm



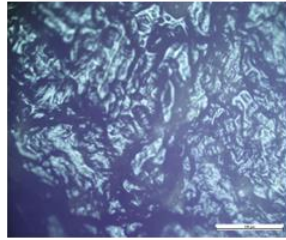
400W-6 mm



400W-8 mm



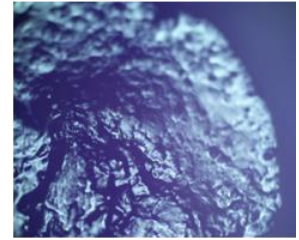
400W-10 mm



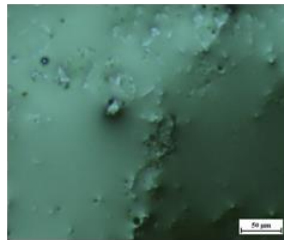
500W-6 mm



500W-8 mm



500W-10 mm



Yaş muz

Şekil 14. Orta dalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş ve yaş dilim muzların mikroskopik görüntüleri

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; muz meyvesinin farklı kalınlıklarda (6 mm 8 mm ve 10 mm) dilimlenerek çeşitli infrared kurutma yöntemleri (kısa dalga ve orta dalga) ve derecelerinde (300W, 400W ve 500W) kurutulup fiziksel ve içsel bazı kalite karakteristikleri irdelenmiştir. Toplamda 396 adet dilim örneği analizlere tabi tutulmuştur. Kısa dalga infrared gücünde 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 ($p>0.05$). ΔE 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. 400W kurutmada dilimlerin kalınlıkları azaldıkça yansıma yoğunluğunun da arttığı belirlenmiştir.

Orta dalga infrared kurutma yöntemi ile kurutulan muz dilimlerinde ΔE renk değişim değerlerine en çok renk değişiminin 300W güç değerinde olup 6 ve 10 mm kalınlıklarda kurutulan muz dilimlerinde olduğu görülmektedir. b^* değerlerine bakıldığında ise 400W-10 mm kalınlığındaki muz dilimleri diğer örneklere göre istatistiki olarak önemli sayılmaktadır. Kuruma sürelerine bakıldığında orta dalga kurutma yöntemi kısa dalga kurutma yöntemine göre daha uzun sürelerde kurutma işlemini gerçekleştirdiği görülmektedir. Sonuç olarak yapılan çalışmada, farklı kalınlıkta kurutulan 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.

KAYNAKÇA

- Ali, M. M., Janius, R. B., Nawi, M. N., & Hashim, N. (2018). Prediction of total soluble solids and ph in banana using near infrared spectroscopy. *J. Eng. Sci. Technol*, 13, 254.
- Anonim, 2020. Muz yetiştiriciliği. <http://www.muz.gen.tr/muzkit/muzyeto1.html> (Erişim Tarihi: 02.04.2020)
- Anonim, 2022. Tracing antiquity of banana cultivation in Papua New Guinea. http://www.apscience.org.au/pbf_02_3/ (Erişim Tarihi: 20.07.2022)
- FAO, 2022. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim Tarihi: 22.07.2022)
- Feng, J., Jiang, L., Zhang, J., Zheng, H., Sun, Y., Chen, S., ... & Lu, H. (2020). Nondestructive determination of soluble solids content and pH in red bayberry (*Myrica rubra*) based on color space. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4541-4550.
- Hebbbar, H.U., Viswanathan, K.H., Ramesh, M.N. (2004). Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables, *Journal of food engineering*, 65, 557-563.
- 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., Yilmaz, N., Tuncel, N. B., Sumer, S. K., & Buyukcan, M. B. (2015). Drying, energy, and some physical and nutritional quality properties of tomatoes dried with short-infrared radiation. *Food and bioprocess technology*, 8(3), 516-525.
- 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.

- Liew, C. Y., & Lau, C. Y. (2012). Determination of quality parameters in Cavendish banana during ripening by NIR spectroscopy. *International Food Research Journal* 19(2): 751-758
- Nozad, M., Khojastehpour, M., Tabasizadeh, M., Azizi, M., Ashtiani, S. H. M., & Salarikia, A. (2016). Characterization of hot-air drying and infrared drying of spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(3), 466-473.
- Porciuncula, B. D., 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.
- Ratti, C., & Mujumdar, A. S. (2006). Infrared drying. In *Handbook of industrial drying* (pp. 448-463). CRC Press.
- Santoyo-Mora, M., Sancen-Plaza, A., Espinosa-Calderon, A., Barranco-Gutierrez, A. I., & Prado-Olivarez, J. (2019). Nondestructive Quantification of the Ripening Process in Banana (*Musa AAB Simmonds*) Using Multispectral Imaging. *Journal of Sensors*, 2019.
- 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. *Optimization*, 29(3), 810.
- TUİK, 2022. TUİK Merkezi Dağıtım Sistemi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim Tarihi: 22.07.2022)
- TÜRKOMP, 2022. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food-muz-anamur-cesidi-395> (Erişim Tarihi: 22.07.2022)

Zude, M. (2003). Non-destructive prediction of banana fruit quality using VIS/NIR spectroscopy. *Fruits*, 58(3), 135-142.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim SOYİSİM

Doğum Yeri

Doğum Tarihi

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi

Yüksek Lisans Öğrenimi

Bildiği Yabancı Diller

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar

1) SCI

xxx

2) Diğer

b) Bildiriler

1) Uluslararası

xxx

2) Ulusal

xxx

c) Katıldığı Projeler

xxx

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

İLETİŞİM

E-posta Adresi :

ORCID :

