

**HAVUÇ VE PATATESİN KURUTULMASINDA  
ULTRASES ÖN İŞLEM UYGULAMASININ ETKİSİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Ahmet POLAT**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAVUÇ VE PATATESİN KURUTULMASINDA ULTRASES ÖN İŞLEM  
UYGULAMASININ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**Ahmet POLAT**  
**0000-0003-1673-7165**

Doç. Dr. Nazmi İZLİ  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI


Ahmet POLAT tarafından hazırlanan "Havuç ve Patatesin Kurutulmasında Ultrases Ön İşlem Uygulamasının Etkisinin Belirlenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Nazmi İZLİ

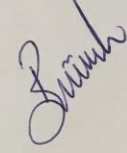
**Başkan** : Doç. Dr. Nazmi İZLİ  
0000-0002-2084-4660  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



**Üye** : Doç. Dr. İlknur ALİBAŞ  
0000-0002-1898-8390  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



**Üye** : Doç. Dr. Bünyamin DEMİR  
0000-0002-6405-4724  
Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O.,  
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

04.02.2019

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**04/09/2019**

**Ahmet POLAT**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### HAVUÇ VE PATATESİN KURUTULMASINDA ULTRASES ÖN İŞLEM UYGULAMASININ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

**Ahmet POLAT**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Nazmi İZLİ

Yapılan bu tez çalışmasında farklı dilim kalınlarındaki (2 ve 4 mm) havuç ve patates örnekleri farklı sürelerde (0, 20 ve 40 dakika) ultrases ön işlem uygulanarak kurutulmuştur. Kurutma işlemi modifiye edilmiş bir fırında 60 ve 70 °C sıcaklıklarda ve 1 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Havuç ve patates örneklerinin kurutma kinetikleri oluşturulmuş ve kurutma işlemlerinde en iyi ince tabaka kurutma modelini seçmek için 10 matematiksel model deneysel verilere uygulanmıştır. Ultrases ön işleminin havuç ve patates örneklerinin kuruma süresi ve hızı, renk, rehidrasyon, pH ve suda çözünür kuru madde (°Briks) değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Havuç ve patates örneklerinin tüm kurutma koşullarında artan sıcaklık, azalan dilim kalınlığı ve uygulanan ultrases ön işlem süresinin artmasıyla kuruma sürelerinde azalma meydana gelmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda, Midilli ve ark. modelinin diğer modellere göre havuç ve patates ürünlerinin tüm kurutma koşullarında kurutma kinetiklerini açıklamak için en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Havuç örneklerinde en yüksek rehidrasyon oranı değeri (6,930) 60 °C sıcaklıkla kurutulmuş 40 dakika ultrases ön işleminden geçmiş 2 mm kalınlığındaki örneklerde belirlenirken, patates örneklerinde en yüksek rehidrasyon oranı değeri (2,856) 60 °C sıcaklıkla kurutulmuş 40 dakika ultrases ön işleminden geçmiş 4 mm kalınlığındaki örneklerde belirlenmiştir. Kurutma işlemleri sonucunda havuç ve patates ürünlerinin  $b^*$  (sarılık) değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Havuç ve patates ürünlerinde en düşük pH ve °Briks değerleri taze ürünlerde gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Sonuç olarak, ultrases teknolojisi, konvektif kurutma işleminde tarım ürünlerinin kuruma süresini azaltmak ve kalite parametrelerinin korunması için uygun bir yöntem olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrases teknolojisi, havuç, patates, kurutma, rehidrasyon  
**2019, viii + 61 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **DETERMINATION OF THE EFFECT OF ULTRASOUND PRETREATMENT APPLICATION IN DRYING OF CARROT AND POTATO**

**Ahmet POLAT**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biosystem Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Nazmi IZLI

In this thesis, carrot and potato samples of different slice thickness (2 and 4 mm) were dried by subjected ultrasound pretreatment at different times (0, 20 and, 40 minutes). Drying was carried out in a modified oven at temperatures of 60 and 70 °C and air velocity of 1 m/s. Drying kinetics of carrot and potato samples were formed, and ten mathematical models were applied to experimental data to select the best thin-layer drying model in drying processes. The effect of ultrasound pretreatment on drying time and rate, color, rehydration, pH, and water-soluble dry matter (°Brix) values of carrot and potato samples were investigated. Drying times decreased with increasing temperature, decreasing slice thickness and applied ultrasound pretreatment time in all drying conditions of carrot and potato samples. As a result of statistical evaluations, it is determined that Midilli et al. model are the most suitable model to explain drying kinetics of carrot and potato products in all drying conditions. While the highest rehydration ratio value in carrot samples were seen in 2 mm thick samples which are pretreated with 40 minutes ultrasound application and dried at 60 °C (6,930), the highest rehydration ratio value in potato samples were found 4 mm thick samples which were pretreated with 40 minutes ultrasound application and dried at 60 °C (2,856). As a result of drying process, b\* (yellowness) values of carrot and potato products decreased. The lowest pH and °Brix values were observed in carrot and potato products in fresh products (p<0.05). As a result, it has been found that ultrasound technology can be used as a suitable method for reducing drying time of agricultural products and preserving quality parameters in convective drying process.

**Key words:** Ultrasound technology, carrot, potato, drying, rehydration  
**2019, viii + 61 pages.**

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sırasında, bilgi ve tecrübeleriyle bana her zaman destek olan baőta danıőmanım Doç. Dr. Nazmi İZLİ'ye, tez jüri üyeleri Doç. Dr. İlknur ALİBAŞ ve Doç. Dr. Bünyamin DEMİR ile çalıőmalarım esnasında yardımcı olan Dr. Onur TAŞKIN'a en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan annem Aklime POLAT'a, yardımlarını esirgemeyen ağabeyim Mehmet POLAT'a ve destek veren kız kardeőim Esin POLAT'a teőekkürlerimi sunarım.

Ahmet POLAT  
04/09/2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Kurutma yöntemi.....	17
3.2.2. Ultrases ön işlem uygulaması.....	18
3.2.3. Nem içeriğinin hesaplanması.....	19
3.2.4. Nem oranının hesaplanması.....	19
3.2.5. Kuruma hızının hesaplanması.....	19
3.2.6. Kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi.....	20
3.2.7. Renk değerlerinin belirlenmesi ve hesaplanması.....	20
3.2.8. Rehidrasyon oranının belirlenmesi.....	21
3.2.9. PH değerlerinin belirlenmesi.....	21
3.2.10. Suda çözünen kuru madde miktarı (°Briks) değerlerinin belirlenmesi.....	22
3.2.11. Verilerin değerlendirilmesi.....	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	23
4.1. Havuç Kurutma.....	23
4.1.1. Havuç ürününün nem içeriğinin değişimi.....	23
4.1.2. Havuç ürününün kuruma hızı değişimi.....	26
4.1.3. Havuç ürününün kuruma eğrilerinin modellenmesi.....	28
4.1.4. Havuç ürününün renk değişimi.....	34
4.1.5. Havuç ürününün rehidrasyon oranının değişimi.....	35
4.1.6. Havuç ürününün pH değişimi.....	36
4.1.7. Havuç ürününün suda çözünür kuru madde (°Briks) değişimi.....	37
4.2. Patates Kurutma.....	38
4.2.1. Patates ürününün nem içeriğinin değişimi.....	38
4.2.2. Patates ürününün kuruma hızı değişimi.....	41
4.2.3. Patates ürününün kuruma eğrilerinin modellenmesi.....	43
4.2.4. Patates ürününün renk değişimi.....	49
4.2.5. Patates ürününün rehidrasyon oranının değişimi.....	50
4.2.6. Patates ürününün pH değişimi.....	51
4.2.7. Patates suda çözünür kuru madde (°Briks) değişimi.....	52
5. SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	61



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
pH	: Asitlik ve baziklik derecesini gösteren ölçü birimi
$M_o$	: Başlangıçtaki nem içeriği (g su.g kuru madde <sup>-1</sup> )
$R^2$	: Belirtme katsayısı
dk	: Dakika
$MR_{exp, i}$	: Deneysel nem oranı
$M_e$	: Denge anındaki nem içeriği (g su.g kuru madde <sup>-1</sup> )
g	: Gram
RMSE	: Hataların karelerinin karekök ortalaması
$M_t$	: Herhangi bir t anındaki nem içeriği (g su.g kuru madde <sup>-1</sup> )
$\alpha^\circ$	: Hue açısı
$a$	: Katsayı (birimsiz)
$b$	: Katsayı (birimsiz)
$n$	: Katsayı (birimsiz)
$\chi^2$	: Ki-kare
$k$	: Kinetik sabit (dak <sup>-1</sup> )
$C$	: Kroma değeri
$t$	: Kuruma zamanı (dakika)
mm	: Milimetre
$MR$	: Nem oranı (birimsiz)
$m$	: Numunenin ağırlığı (g)
$L$	: Parlaklık
$a^*$	: Rengin kırmızılığı (+) ya da yeşilliği (-)
$b^*$	: Rengin sarılığı (+) ya da maviliği (-)
$^\circ C$	: Santigrat derece
T	: Sıcaklık ( $^\circ C$ )
$M_{t+dt}$	: t+dt anındaki nem içeriği (g su.g kuru madde <sup>-1</sup> )
$MR_{pre, i}$	: Tahmin edilen nem oranı
$\Delta E$	: Toplam renk değişimi

### Kısaltmalar Açıklama

US0	: Ultrases ön işlem uygulanmamış örnek
US20	: 20 dakika Ultrases ön işlemi uygulanmış örnek
US40	: 20 dakika Ultrases ön işlemi uygulanmış örnek
k.b.	: Kuru baz

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Gıdalarda uygulanan ön işlemler.....	7
Şekil 3.1. Modifiye edilmiş kurutma fırının genel görünüşü.....	14
Şekil 3.2. Renk ölçer cihazının genel görünüşü.....	15
Şekil 3.3. Ultrasonik banyo cihazının genel görünüşü.....	15
Şekil 3.4. pH metre cihazının genel görünüşü.....	16
Şekil 3.5. Dijital refraktometre cihazının genel görünüşü.....	17
Şekil 4.1. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi.....	25
Şekil 4.2. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleri ile değişimi.....	27
Şekil 4.3. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin zamanla değişimi.....	32
Şekil 4.4. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin karşılaştırılması .....	33
Şekil 4.5. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin rehidrasyon oranı sonuçları.....	36
Şekil 4.6. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin pH değeri sonuçları.....	37
Şekil 4.7. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin °Briks değeri sonuçları	38
Şekil 4.8. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi.....	40
Şekil 4.9. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleri ile değişimi.....	42
Şekil 4.10. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin zamanla değişimi.....	47
Şekil 4.11. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin karşılaştırılması .....	48

Şekil 4.12.	Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin rehidrasyon oranı sonuçları.....	51
Şekil 4.13.	Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin pH değeri sonuçları.....	52
Şekil 4.14.	Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin °Briks değeri sonuçları	53

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Havuç ürününün besinsel içerik değerleri.....	1
Çizelge 1.2. Havuç ürününün ekim alanları ve üretim miktarları .....	2
Çizelge 1.3. Bazı patates çeşitlerinin enerji ve makro besin element içerikleri...	3
Çizelge 1.4. Bazı patates çeşitlerinin mikro besin element içerikleri	4
Çizelge 1.5. Yıllara göre patates (tatlı patates hariç) üretim verileri .....	5
Çizelge 1.6. Ultrases teknolojisinin gıda işlemede kullanımı.....	9
Çizelge 3.1. Havuç ve patates örneklerinin matematiksel modellenmesi için kullanılan ince tabaka kurutma modelleri.....	18
Çizelge 3.2. Havuç ve patates örneklerinin matematiksel modellenmesi için kullanılan ince tabaka kurutma modelleri.....	20
Çizelge 4.1. Ultrases ön işlem uygulaması (US0) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları.....	29
Çizelge 4.2. Ultrases ön işlem uygulaması (US20) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları.....	30
Çizelge 4.3. Ultrases ön işlem uygulaması (US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları.....	31
Çizelge 4.4. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin renk değerleri.....	35
Çizelge 4.5. Ultrases ön işlem uygulaması (US0) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları.....	44
Çizelge 4.6. Ultrases ön işlem uygulaması (US20) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları.....	45
Çizelge 4.7. Ultrases ön işlem uygulaması (US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları.....	46
Çizelge 4.8. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin renk değerleri.....	50

## 1. GİRİŞ

Günümüzde meyve ve sebzeler bünyelerinde yüksek miktarda vitamin, karatenoid veya antosiyanin gibi biyoaktif özellikler içermelerinden dolayı tüketiciler tarafından ilgi görmektedirler. Yapılan tez çalışmasında kullanılan havuç ve patates ürünleri ülkemizde ve dünyada en çok üretilen ve tüketilen ürünler arasında yer almaktadırlar.

Havuç (*Daucus carota* L.), Umbelliferae familyasına ait olup, 250 cins ve 2800 türe sahiptir (Rubatzky ve ark. 1999). Havuç ürününün besinsel içerik değerleri Çizelge 1.1’de gösterilmiştir (Holland ve ark. 1991).

**Çizelge 1.1.** Havuç ürününün besinsel içerik değerleri

Besinsel İçerik	Konsantrasyon
Nem (g)	% 86
Protein (g)	% 0,9
Yağ (g)	% 0,2
Karbonhidrat (g)	% 10,6
Lif (g)	% 1,2
Kül (g)	% 1,1
Vitamin (mg/100 g)	4 mg/100 g
Enerji (kJ/100 g)	126 kJ/100 g

Havuç  $\beta$ -karoten, askorbik asit ve tokoferol bakımından zengin, insan sağlığı açısından önemli özelliklere sahip olan fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilmektedir. Sharma ve ark. (2012) havuç ürününde önemli miktarda bulunan karatenoidlerin faydalarını şu şekilde sıralamışlardır:

- Pro-vitamin A aktivitesini sağlaması
- Kanserin inhibisyonu
- Bağışıklığı geliştirme
- Kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi
- Kas hastalıklarını önlenmesi
- Katarakt oluşumunu azaltması

Günümüzde doğal bir besin ve antioksidan kaynağı olan havuç ve havuç ürünlerinin tüketimi gittikçe artmaktadır. Havuç ürünlerinin işlenmesi sonucunda elde edilen ürünler

(kurutulmuş havuç, havuç suyu, havuç tozu ve havuç atıştırmalıkları) son yıllarda araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde incelenmektedir.

En önemli kök sebzelerden olan havuç, FAO (2019) verilerine göre 2017 yılında dünya genelinde 42 831 958 ton olarak üretilmiştir. Çin 20 274 393 ton ile en büyük üretici ülke olurken, bu ülkeyi sırasıyla Özbekistan, Rusya, Birleşik Krallık, Ukrayna, Polonya, Almanya, Türkiye ve Japonya izlemiştir. Türkiye 571 301 tonla ilk 10 üretici ülkenin arasına girmiştir. Çizelge 1.2’de ülkemizde 2014-2018 yılları arasında havuç ürünün ekim alanları ve üretim miktarlarına (ton) ait veriler yer almaktadır (Anonim 2019c).

**Çizelge 1.2.** Havuç ürününün ekim alanları ve üretim miktarları

	Ekim Alanları (dekar)					Üretim Miktarı (ton)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Konya	46345	44745	46480	53780	68150	331593	310295	336463	355652	424636
Ankara	23250	22350	21700	23500	23500	131400	127750	124910	132880	132890
Hatay	20161	21471	20129	20389	21550	60483	64413	59836	53121	58190
Diğer	14648	12437	12771	10820	10278	34501	32530	33527	27880	27121

Tez çalışmasında kullanılan bir diğer ürün olan patates (*Solanum tuberosum* L.) Solanaceae familyasına aittir ve dünya çapında yaklaşık 5000 patates çeşidi bulunmaktadır (Zaheer ve Akhtar 2016). Patatesin besin değerleri, üretim alanı, toprak ve iklim, tarımsal uygulama, hazırlama ve pişirme, ayrıca cinsine ve çeşidine bağlı olarak birçok faktörden etkilendiği belirtilmektedir (Wijesinha-Bettoni ve ark. 2019). Farklı türdeki ve farklı hazırlanma koşullarındaki bazı patates örneklerine ait makro ve mikro elementler sırasıyla Çizelge 1.3 ve 1.4’de gösterilmiştir (Beals 2019).

**Çizelge 1.3.** Bazı patates çeşitlerinin enerji ve makro besin element içerikleri

Patates Çeşitleri	Porsiyon boyutları	Kalori	Total CHO (g)	Lif (g)	Yağ (g)	Protein (g)
Taze Patates	145,6 g	110	26	2	0	4
Russet (kabukla fırınlanmış)	Küçük boy (138 g)	134	30	3	0	4
Russet (kabuksuz fırınlanmış)	Küçük boy (138 g)	128	30	2	0	3
Russet (kabuklu mikrodalga uygulanmış)	Küçük boy (138 g)	145	33	3	0	3
Russet (kabuksuz mikrodalga uygulanmış)	Küçük boy (138 g)	138	32	2	0	3
Patates (kabuklu haşlanmış)	136 g	120	28	2,5	0	2,5
Patates (kabuksuz haşlanmış)	125 g	119	28	2,5	0	2
Kırmızı Patates (kabuklu haşlanmış)	Küçük boy (138g)	123	27	2,5	0	3
Beyaz Patates (kabuklu haşlanmış)	Küçük boy (138 g)	130	29	3	0	3
Patates Kabuğu (taze)	Kabuk (38 g)	22	5	1	0	1

**Çizelge 1.4.** Bazı patates çeşitlerinin mikro besin element içerikleri

Patates Çeşitleri	Porsiyon boyutları	Vitamin C (mg)	B <sub>1</sub> (mg)	B <sub>2</sub> (mg)	B <sub>3</sub> (mg)	B <sub>6</sub> (mg)	Folik asit (mg)	K <sup>+</sup> (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)
Taze Patates	5.2 oz	27	0,12	0,03	1,6	0,2	24	620	20	33	1,1	0,4
Russet (kabukla fırınlanmış)	Küçük boy (138g)	11,5	0,10	0,07	1,9	0,50	36	759	25	41	1,5	0,48
Russet (kabuksuz fırınlanmış)	Küçük boy (138g)	18	0,14	0,03	1,9	0,41	12	540	7	34	0,5	0,40
Russet (kabuklu mikrodalga uygulanmış)	Küçük boy (138g)	21	0,18	0,04	2,4	0,48	17	617	15	55	1,7	0,76
Russet (kabuksuz mikrodalga uygulanmış)	Küçük boy (138g)	21	0,18	0,03	2,2	0,44	17	567	7	34	0,57	0,46
Patates (kabuklu haşlanmış)	136 g	18	0,15	0,03	2	0,41	14	515	7	30	0,43	0,41
Patates (kabuksuz haşlanmış)	125 g	9	0,12	0,02	1,6	0,34	11	410	10	25	0,39	0,34
Kırmızı Patates (kabuklu haşlanmış)	Küçük boy (138g)	17	0,1	0,07	2,2	0,3	37	752	12	39	1	0,55
Beyaz Patates (kabuklu haşlanmış)	Küçük boy (138g)	17	0,07	0,06	2,1	0,3	52	751	14	37	0,9	0,48
Patates Kabuğu (taze)	Kabuk (38g)	4	0,01	0,01	0,4	0,09	6	157	11	9	1,2	0,13

Çizelgelerden görüldüğü üzere patates, insan sağlığı için önemli rol oynayan ve kronik hastalık riskini azaltan çeşitli besinleri ve besin bileşenlerini içermektedir. Son zamanlarda düşük karbonhidratlı diyetler diyetisyenler tarafından önerilmektedir. Karbonhidrat tüketimini sınırlamak (genel olarak toplam kalori alımını azaltmak) fiziksel olarak daha az aktif olanlar için anlamlı olabilir, ancak sporcular gibi yüksek aktiviteli kişiler kas glikojen depolamayı arttırmak ve kuvvetli kullanım sırasında kas ve diğer organlara karbonhidrat vermek için yüksek kalitede karbonhidratlara ihtiyaç duymaktadır. Patatesler bu ihtiyacı önemli ölçüde karşılamaktadır. Meyve ve sebzeler arasında patatesler önemli diyet potasyum kaynaklarından gösterilir ve hipertansiyon riskini en aza indirmekten kemik sağlığını desteklemeye kadar sağlık açısından faydalar sağlayabilmektedir. Ayrıca diyet potasyumu, sporcuların dehidratasyondan kurtulmalarına yardımcı olabilecek zorlu egzersiz sırasında ve sonrasında önemli bir faktör olan sporcuların sıvı dengesini korumalarına yardımcı olan bir elektrolit görevi



görmektedir (Kanter ve Elkin 2019). İnsan ve hayvanlar üzerinde yapılan bazı araştırmalar sonucunda patatesin kan basıncı, kan lipitleri ve iltihap gibi kronik hastalıkları önleyebileceği gözlemlenmiştir. Buna karşılık da patates tüketimine bağlı olarak artan kilo alma riski patatesi yüksek glisemik indeksi nedeniyle tip 2 diyabet ile ilişkilendirilen önemli veriler bulunmaktadır (Beals 2019).

Genellikle hazır yemek sektöründe kızartma olarak tüketilse de patates uygun kalite özellikleri sayesinde kimyasal koruyucuların kullanılmasının önüne geçmektedir. Kurutulmuş patatesler hazır çorbalarının ve farklı şekillerde (granül, toz ve cips) farklı sosların bir bileşeni olarak kullanılmaktadır (Dehghannya ve ark. 2018). Patates farklı yöntemlerle kurutulurken birçok araştırmaya konu olmuştur.

Patates, bünyesinde bulundurduğu yüksek besin değerleri ve yüksek verimlilik ile buğday, pirinç ve mısırdan sonra dünyada dördüncü en önemli gıda ürünü olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, Birleşmiş Milletler tarafından 2008 yılı Uluslararası Patates Yılı ilan edilmiştir (Anonim 2019a). FAO (2019) verilerine göre dünyada 2017 yılına ait toplam patates üretimi 388 190 674 ton olarak belirlenmiştir (Anonim 2019b). Patates üretiminin % 50,4'ü Asya kıtasında gerçekteşmiştir. Ana üretici ülke olarak 99 147 000 ton ile Çin olurken bu ülkeyi Endonezya, Rusya ve Ukrayna izlemiştir. Ülkemiz 2014-2018 yıllarına ait patates (tatlı patates hariç) üretim değerleri TÜİK (2019) verilerine göre Çizelge 1.5'te gösterilmiştir (Anonim 2019d).

**Çizelge 1.5.** Yıllara göre patates (tatlı patates hariç) üretim verileri

Yıl	Ekilen Alan (dekar)	Hasat Edilen Alan (dekar)	Verim (kg/dekar)	Üretim Miktarı (ton)
2014	1297032	1283919	168783	4166000
2015	1538787	1538022	168572	4760000
2016	1448572	1447056	172817	4750000
2017	1428835	1428505	178363	4800000
2018	1359373	1359043	181331	4550000

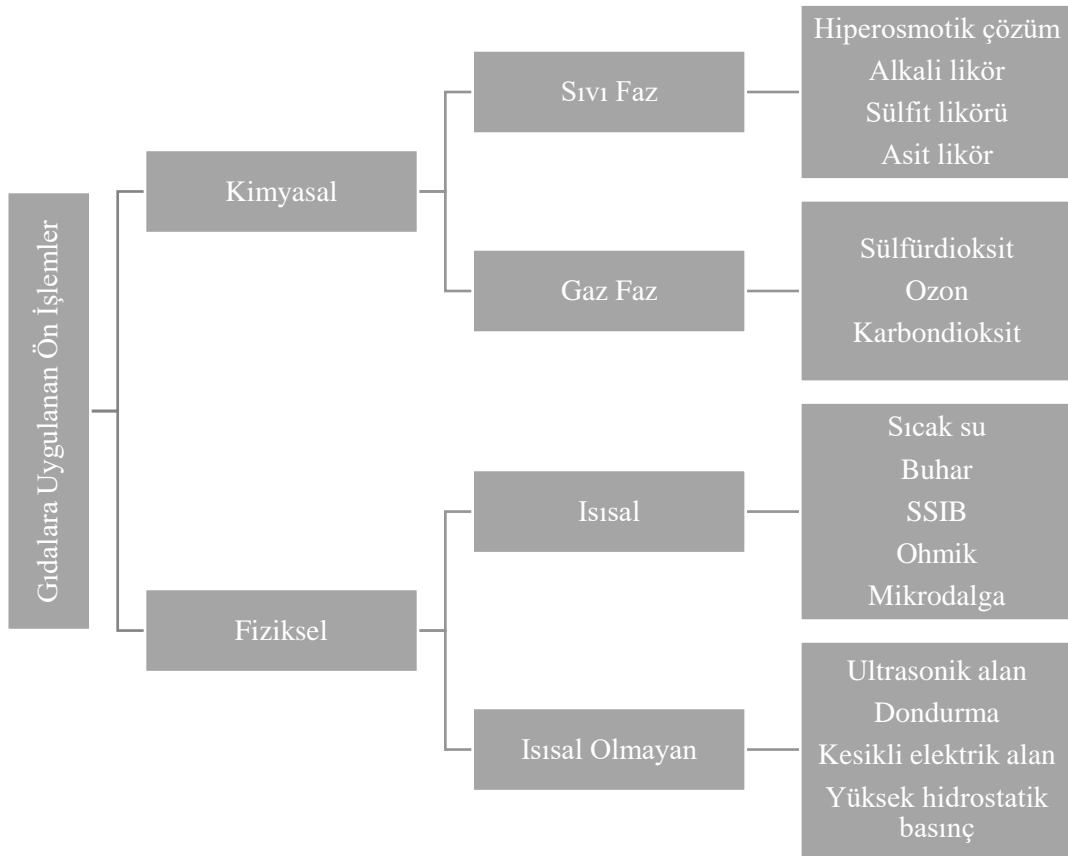
Meyve ve sebzeler genellikle yüksek nem içeriğine sahiptirler ve bu durum ürünlerin uzun süre saklanması önüne geçmektedir. Hasat sonrası yaşanan kayıplar ürünün raf

ömrünün uzamasını sınırlayan önemli etkidir ve hasat edilen ürünlerin toplam % 17'si hasat sonrasındaki kullanımları sırasında bozulmaktadır. Bu kayıpların önüne geçebilmek için ürünler buzdolabında ve kontrollü atmosfer koşullarında kontrol edilmektedir. Fakat bu uygulamalar üreticiye yüksek maliyet getirmektedir. Bu nedenle kurutma, ürünlerin mevsim dışında tüketilebilmesi için alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Sonmete ve ark. 2017). Kurutma, asıl amacı su aktivitesini, mikroorganizmaların büyümesi, enzimatik reaksiyonlar ve inhibe edilecek diğer reaksiyonlar için yeterince düşük bir seviyeye düşürerek ürünlerin ömrünü uzatmak olan bir koruma yöntemi olarak tanımlanmıştır (Doymaz 2017).

Kurutma, katı, yarı katı ya da sıvıdan buharlaştırma yoluyla su ya da başka bir çözücüü uzaklaştırmak için gerçekleştirilen bir ısı ve kütle transfer işlemidir. Kurutma işlemi genellikle 2 aşamaya ayrılmaktadır. İlk aşamada ürünün yüzeyi ve içi aynı nem içeriğine sahiptir. Yüzey sıcak hava ile ısıtıldığında buharla doyurulmakta ve sonrasında su buharlaşmaktadır. İkinci aşamada ürünün yüzeyi kurduğunda iç kısımdaki su yüzeye çıkmakta ve daha sonra su buharlaşmaktadır. Teknik olarak literatürde 500'den fazla kurutucu türünden bahsedilmektedir ve 100 farklı tipte kurutucu piyasada varlığını sürdürmektedir (Mujumdar ve Law 2010). Kurutma makinalarının tasarımında farklı kurutma metotları kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlilerinden biri konvektif kurutma yöntemidir.

Geleneksel konvektif kurutma yönteminde sıcak havayı oluşturacak bir ısıtıcı ve sıcak havayı dağıtmak için korumalı bir pervane fanı bulunmaktadır. Basit yapısı ve kolay kontrol edilebilmesi gibi avantajlarından dolayı endüstride en fazla kullanılan yöntem konvektif kurutma yöntemidir. Bununla birlikte, düşük işlem hızı, ürün kalitesinde önemli kayıplar ve yüksek sıcaklıkların kullanılması nedeniyle yüksek enerji tüketimi gibi bu teknikle ilgili bazı dezavantajlar ortaya çıkarmaktadır. Düşük kurutma sıcaklıklarının kullanılması, zararlı reaksiyonları en aza indirmek veya yavaşlatmak ile kurutulmuş ürünlerin kalitesini arttırmak için bir yol olabileceği öngörülmektedir. Fakat bununla birlikte, bu yaklaşım işlem sürelerini uzatabileceği ve kurutma maliyetlerini arttırabileceği de belirtilmektedir (Oliveira ve ark. 2016).

Gelişmiş ülkelerde gıda sektöründeki kurutma işlemi ile toplam enerji ihtiyacının % 10 ila % 15 tüketildiği bildirilmektedir. Bu nedenle, enerji, ürün korumada geleneksel yöntem olan kurutmanın önemli parametrelerinden biridir. Yeni kurutma teknolojileri ortaya çıkmasına rağmen, geleneksel yöntemler hala kurutma endüstrisinde en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bunun en önemli sebeplerinden biri kurutucuların kurulum ve kullanım kolaylığıdır (Onwude ve ark. 2016). Geleneksel kurutma yönteminde, enerji maliyetlerini düşürmek ve ürün kalitesini iyileştirmek için ön işlem üzerinde çalışılmaktadır. Meyve ve sebzelerin kurutulmadan önce uygulanacak ön işlemler incelenmiş ve birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler Şekil 1.1'de gösterilmiştir (Deng ve ark. 2019).



**Şekil 1.1.** Gıdalarda uygulanan ön işlemler

Ön işlem uygulamalarının amaçları şöyle sıralanabilir:

- Hücre zarını etkileyerek üründe bulunan suyun çıkışını kolaylaştırmak
- Kurutma hızını artırarak enerji tüketim kaybını önlemek
- Antioksidan bileşiklerin oranını arttırmak
- Kurutma ve depolama sırasında bozulmayı önlemek için enzimlerin inhibe edilmesini sağlamak.

Ultrases teknolojisi, kurutma öncesi ön işlem olarak tarımsal ürünlere uygulanması veya kurutma sırasında kombine yöntemlerde yer alabilmesi ile son zamanlarda, kurutma işleminin genel işlem süresini büyük ölçüde azalttığı için, araştırmacılar için önemli bir popüler başlık olarak ortaya çıkmıştır. Bu teknoloji 1970'lerden bu yana araştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar, et teknolojisinde ultrases kullanımını ve ultrasesin difüzyon hızı üzerine etkisini içermektedir (Howkins 1969, Sajas ve Gorbato 1978). Ultrases, insan kulağının eşiği olan 16 kHz'in üzerindeki ses frekansı aralığıdır. Gıda endüstrisindeki yüksek ve düşük frekans olarak iki farklı şekilde sınıflandırılır. Düşük enerji yüksek frekanslı (megahertz) ultrason uygulaması gıda kalitesi izlemesi için kullanılırken, yüksek enerji düşük frekanslı (kilohertz) ultrason uygulaması gıda maddelerinin yapısını değiştirmekte ve kurutma işleminde önemli rol oynamaktadır (Mothibe ve ark. 2011). Ultrases teknolojisi, kurutma işlemlerinde ultrases destekli kurutma veya ön işlem olarak iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Ultrases işleminin etkisi kurutulacak ürüne sistemin tasarımına göre değişebilmektedir. Ultrases destekli kurutma işleminde, makine tarafından üretilen mekanik dalgalar ürün üzerinde hava ile taşınır. Bu dalgalar ürünün yapısını bozmakta ve ürün yüzeyindeki dış direnci azaltarak kütle transferini arttırmaktadır (Ricce ve ark. 2016). Diğer bir yöntem ise, ultrases teknolojisinin ön işlem olarak kullanılmasıdır. Bu yöntemde ultrasonik dalgalar, moleküler sıkıştırma ve seyrek dalga yayılma ortamı tarafından indüklenen moleküller yoluyla iletilmektedir. Bu uygulama sırasında ürünün büzülmesi ve gevşemesi şeklinde basınç değişimleri meydana gelmektedir. Bu etki sünger etkisi olarak adlandırılmaktadır. Kasılmaların etkisiyle ürün dokularında mikrokanallar oluşmakta ve bu mikrokanallar yapıdaki suyun kolay çıkışına yardımcı olmaktadır. Hızlanan kurutma işlemiyle ürünler daha az süre ısıya maruz kalmakta ve böylelikle ürünlerin kalite özellikleri korunmaktadır (Yang ve ark. 2018).

Tüfekçi ve Özkan (2015) tarafından belirtilen ultrases teknolojisinin gıda işleme alanında kullanımını ile ilgili bazı bilgiler Çizelge 1.6'da belirtilmiştir.

**Çizelge 1.6.** Ultrases teknolojisinin gıda işlemede kullanımı

Uygulama Alanı	Etki/Fayda
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon verimini ve etkinliğini artırma
Emülsifikasyon/Homojenizasyon	Yüksek kayma gerilimine sahip mikro akış, uygun maliyetle emülsiyon üretimi
Kristalizasyon	Daha küçük kristal oluşumu, kristallerin üniform nükleasyonu ve modifikasyonu
Filtrasyon	Kirlenmeyi azaltma, akı hızını artırma.
Seperasyon	Kimyasal ayırma tekniklerine olan ihtiyacı azaltma, basınç düğüm noktalarında partiküllerin aglomerasyonu
Köpük giderme	Verimliliği artırma, köpük giderici ajanların kullanımını azaltma, boru hatlarında oluşan fireyi azaltma
İnaktivasyon (enzimatik ve mikrobiyal)	Mikrobiyal hücre membranlarına direkt kavitasyonel zarar, ısı transferini artırma, düşük sıcaklıklarda enzim inaktivasyonu, gıda kalitesini koruma
Fermantasyon	Fermantasyon işlemini hızlandırma, metabolit üretimini artırma, canlı dokuyu uyarma, substrat transferini iyileştirme
Isı transferi	Kavitasyon ile ısı transferini artırma, ısıtma ve kurutma işlemlerini hızlandırma ve daha düşük sıcaklıklarda çalışma imkanı

Yapılan tez çalışmasında ön işlem olarak fiziksel ön işlemin ısısal olmayan işlemler kısmında yer alan ultrasonik alan kullanılmıştır. Farklı dilim kalınlıklarındaki (2 ve 4 mm) patates ve havuç örneklerine farklı sürelerde (0, 20 ve 40 dk) ön işlem uygulanarak iki farklı sıcaklık değerinde (60 ve 70 °C) kurutulmuştur. Farklı koşullarda kurutulan havuç ve patates örneklerinin kurutma kinetiklerinin tespit edilmesi, kurutma kinetiklerini açıklayan en uygun modelin bulunması, rehidrasyon oranı, pH ve °Briks değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Azoubel ve ark. (2010) çalışmalarında taze ve ultrasonik ön işlemden geçirilmiş Pacovan cinsi muzun kurutma kinetiğini incelemeyi ve bunların matematiksel modellenmesini amaçlamışlardır. Ön işlemi, ultrasonik banyoda 30 °C'de gerçekleştirmişlerdir. Kurutma işlemini sabit yataklı bir kurutucuda iki farklı sıcaklıkta (50 ve 70 °C) ve 3 m/s hava hızında uygulamışlardır. Page modelinin kurutma eğrilerini en iyi tanımladığını tespit etmişlerdir. Difüzyon katsayısının artan sıcaklık ve ultrases uygulamasıyla birlikte arttığını ve buna bağlı olarak işlem süresinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Bu durumun sonucu olarak kuruma maliyetinin düştüğünü ve enerji tasarrufunun sağlandığını belirtmişlerdir.

Oliveira ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarında ultrases ön işlemin Malay elması olarak bilinen Jambo'nun (*Syzygium malaccense* L.) sıcak hava ile kurutulması üzerine etkisini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre ürünün ön işlem sırasındaki su kaybı ve şeker kazancının hesaplanmasına ve ultrases ön işleme tabi tutulan jambo için sıcak hava ile kurutma işleminde etkin su yayılımının tahmin edilmesine olanak sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca, ultrases ön işlem sırasında (damıtılmış su içerisinde), Malay elmalarının şekeri kaybettiğini, böylelikle bu ön işlem aşamasının, düşük şeker muhtevasına sahip kurutulmuş meyveler üretimi için pratik bir işlem olabileceğini gözlemlemişlerdir. Ultrases uygulamasından sonra suyun etkin difüzivitesinin % 28,1 arttığını; bu durumun da toplam kuruma süresinde yaklaşık % 27,3 oranında bir azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Nowacka ve ark. (2012) çalışmalarında elma örneklerini kurutmadan önce kullanılacak yöntem olan ultrases işleminin kütle transferini artırma üzerine etkisini incelemişlerdir. Ultrases gücünü ürünlere ultrases banyosunda 35 kHz'de 10, 20 ve 30 dakika boyunca uygulamışlardır. Bu işlemin ardından elma küplerini 70 °C sıcaklıkta ve 1,5 m/s hava hızında konveksiyon yöntemi ile kurutmuşlardır. Ultrases ön işlemi görmüş ürünlerin, ön işlem görmemiş ürünlere kıyasla kuruma süresinin % 31 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Ultrases uygulanmış elmalar, ultrases uygulanmamış örneklere göre % 9-11 oranında daha yüksek büzülme, % 6-20 daha düşük yoğunluk ve % 9-14 daha yüksek gözeneklilik gözlemlemişlerdir. Kurutulmuş elma örneklerinin (ultrases ön işleme maruz bırakılmış ve ultrases ön işleme maruz bırakılmamış) yoğunluğunu ve gözenekliliğindeki

değişimleri elektron taramalı mikroskopunda görüntü analizi ile incelenmişlerdir. Uygulanan ultrases ön işlemi ürünlerin rehidrasyon özelliklerinin değişmesine neden olduğunu tespit etmişlerdir. Kısa zaman (10 ve 20 dakika) ultrases ön işlem uygulanan rehidre edilmiş örneklerin nem içeriğinin ön işlem uygulanmamış örneklere göre daha düşük bulunduğunu belirlemişlerdir.

Azoubel ve ark. (2015) çalışmalarında ultrases ve ozmotik dehidrasyon ön işlemlerinin papayanın kurutma kinetikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Ultrases ön işlemini, 30 °C'de bir ultrasonik banyoda gerçekleştirmişlerdir. Kurutma işlemini 70 °C'de sabit yataklı bir kurutucuda yapmışlardır. Toplam karatenoid kayıplarını incelediklerinde en fazla kaybın taze üründe olduğu tespit etmişlerdir. Ayrıca ultrases uygulamalarının kurutma sürelerini kısaltarak enerji tasarrufu açısından endüstriyel uygulamalara alternatif olabileceğini bildirmişlerdir.

Ricce ve ark. (2016) çalışmalarında ultrases teknolojisi kullanılarak ön işleme maruz bırakılmış havuç dilimlerinin kurutma ve rehidrasyon özelliklerinin geliştirilmesinde rol oynayan mekanizmaları tanımlamayı amaçlamışlardır. Havuç dilimlerini (4 mm kalınlık), ultrasonik bir banyo (41 W/L; 25 kHz) kullanılarak 30 ve 60 dakika boyunca ön işleme tabi tutmuşlardır. Konvektif kurutma işlemini 40 ve 60 °C sıcaklıklarda 2 m/s hava hızında, rehidrasyon işlemi işlemini ise 25 °C sıcaklıkta gerçekleştirmişlerdir. Modellemelerin sonucunda Henderson ve Pabis modelini kurutma kinetiği için Peleg modelinin ise rehidrasyon işlemini en iyi tanımlayan modeller olduğu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, ultrases ön işlemin neden olduğu ana etkileri (hücre şişmesi ve mikrokanallar) ve hava-kurutma sıcaklığının etkisinin oluşturduğu farklı işlem koşullarında kurutma ve rehidrasyon kinetiğini tarif etmişlerdir. Ön işlemin uzunluğuna bağlı olarak, takip eden işlemlerde ultrasesin neden olduğu etkilerin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, kurutma sıcaklığı artışının, ultrases etkisinin daha azalttığı kanıtlamışlardır. Ultrases, uzun süre uygulandığında, doku hasarına bağlı olarak düşük sıcaklıklarda kurutma süresini ve rehidrasyon oranını arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Çakmak ve ark. (2016) çalışmalarında, mantar örneklerine elektrop plazmoliz (EP) ve ultrases ön işlemleri uygulayarak, bu işlemlerin kuruma zamanı ve bazı kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ultrases ön işlemini 30 dakika boyunca

35 kHz'de uygulamışlardır. Daha sonra örnekleri, 1,5 m/s hava hızında 50 °C sıcaklıkta bir tepsili kurutucuda kurutmuşlardır. Deneylerin sonucunda kontrol grubu örneklerin 3,91 saatte ultrases ön işlemini görmüş örneklerin ise 2,66 saatte kurduğunu tespit etmişlerdir. Ultrases ön işlemini görmüş örneklerin diğer örneklerle kıyaslandığında fenolik içeriği ve renk değerlerinin daha iyi korunduğunu gözlemlemişlerdir.

Da Silva ve ark. (2016) çalışmalarında ultrases, ozmotik dehidrasyon ve vakum ön işlemlerinin kavunun kurutulmasında ve ürün kalitesi üzerine etkisini gözlemlemeyi amaçlamışlardır. Kavun örneklerini saf su veya sukroz çözeltisine daldırıp 10, 20 ve 30 dakika muamele etmişlerdir. Kurutma işlemini sabit yataklı bir kurutucuda 60 °C sıcaklıkta ve 2 m/s'lik hava hızında gerçekleştirmişlerdir. Ön işlem uygulanmamış örneklerin kuruma süresinin 47 dakika, saf su içinde vakum-ultrases ve ultrases ön işlemi uygulanmış örneklerin kuruma süresini 41 dakika bulmuşlardır. Son üründe toplam karotenoid içeriği, ürün dokusu, renk ve duyu analiz testlerini yapmışlardır. Vakum-ultrases ön işlem görmüş kurutulmuş kavunda diğer yöntemlere oranla daha yüksek karotenoid içeriği, daha yumuşak yapı ve işlem görmemiş kurutulmuş ürüne benzer toplam renk farkı tespit etmişlerdir.

Fijalkowska ve ark. (2016) çalışmalarında ultrases ön işleminin kurutulmuş elma dilimlerinin kurutma kinetiği ve fiziksel özellikleri (renk ve rehidrasyon) üzerine etkisini araştırmışlardır. Elma örneklerini, sırasıyla ses yoğunluğu 3 ve 4 W/cm<sup>2</sup>'lik bir ultrases banyosunda 30 dakika boyunca 21 ve 35 kHz kullanılarak ultrasonik ön işlem uygulamışlardır. Ön işlemden sonra, örnekleri bir konvektif fırında 70 °C sıcaklıkta ve 2 m/s hava hızında kurutmuşlardır. Ön işlemin, ön işlem görmemiş örneklere kıyasla kuruma süresini % 13-17 azalttığını tespit etmişlerdir. Ultrases ön işlem uygulamasının kurutulmuş elma örneklerinin renk parametrelerinden  $a^*$  (kırmızı-yeşil) değerinin azalttığını;  $L^*$  (parlaklık),  $C$  (doygunluk) ve  $b^*$  (sarı-mavi) değerlerinin artmasını sağladığını belirlemişlerdir. Ayrıca, elde edilen sonuçları, ön muamelenin muamele edilmemiş elma dokusuyla karşılaştırdıklarında rehidrasyon özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Horuz ve ark. (2017) domates dilimlerini farklı sürelerde ultrases ön işlemine maruz bırakarak sıcak hava-mikrodalga kombinasyonlu fırında tek sıcaklık değerinde (60 °C),



farklı mikrodalga güçlerinde (120, 150 ve 180 W) kurutmuşlardır. Kurutulmuş domates dilimlerinin rehidrasyon kapasitesini, kuruma süresini, rengini, toplam fenolik içeriğini, likopen ve C vitamini içeriğini incelemiştirler. Mikrodalga güç seviyesinin artışının kuruma süresini önemli ölçüde azalttığını gözlemlemiştirler. Ürüne uygulanan 120 W ve 40 dakikalık ultrases işleminin kuruma süresini aynı güçte ön işlem uygulanmamış örneğe göre % 7,38 oranında azalttığını bulmuşlardır. Kurutma koşullarına bağlı olarak, C vitaminin 433,94 mg AA/100 g 'dan 81,89 mg AA/100 g'a, kuru baz ve likopen içeriğinin ise 3920,57 mg/100 g'dan 415,40 mg/100 g'a düştüğünü tespit etmişlerdir. Toplam fenol içeriğindeki değişimi C vitaminindeki kadar yüksek seviyede bulmamışlardır. Ön işlem görmüş örneklerin rehidrasyon kapasitesinin ön işlem görmemiş örneklere oranla daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Kurutulmuş domates dilimlerinin renk aralıkları kabul edilebilir seviyede olduğunu gözlemlemiştirler. Hem mikrodalga gücünün hem de ultrases ön işlemin son ürünün kalitesini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varmışlardır.

Cao ve ark. (2018) çalışmalarında arpa otunun kurutulmasında düşük enerji tüketimi ve mikrobiyal güvenliğin sağlanması için arpa otu örneklerine farklı güç seviyelerinde (10, 30, 45, 60 W/L, 10 dakika) ultrasonik ön işlem uygulamışlardır. Kurutmadan sonra ürünlerin renk parametrelerini, mikrobiyal kolonilerini, enerji tüketimlerini, geçiş sıcaklıklarını, nem içeriklerini, su aktivitelerini, tat maddelerini, flavonoid ve klorofil içeriklerini belirlemiştirler. Ultrases uygulanmamış ürüne nazaran ultrasonik ön işlem (45 W/L) uygulamasının kuruma süresini % 14 ve enerji tüketimini % 19; ultrasonik ön işlem (60 W/L) uygulamasının ise mikrobiyal kolonileri % 33 oranında azalttığını gözlemlemiştirler. Ayrıca, ultrasonik ön işlem (30 W/L) uygulamasında kurutulmuş ürünün flavonoid ve klorofil içeriğini sırasıyla 9,2 ve 10,5 g/kg; ultrasonik ön işlem (10 W/L) uygulamasında ise en yüksek  $L^*$  (51,5) ve en düşük  $a^*$  (-9.3) bulmuşlardır. Eşzamanlı olarak ultrasonik ön işlem, daha yüksek bir geçiş sıcaklığına ( $T_g$ ), daha düşük su aktivitesine ve daha az buruk ve acı tada sahip ürünlerin üretilmesine öncü olduğunu tespit etmişlerdir. Ultrasonik ön işlemi, dondurarak kurutmada arpa otunun kalitesini, tadını arttırmak ve daha düşük enerji tüketimi sağlamak için alternatif bir yöntem olarak sunmuşlardır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

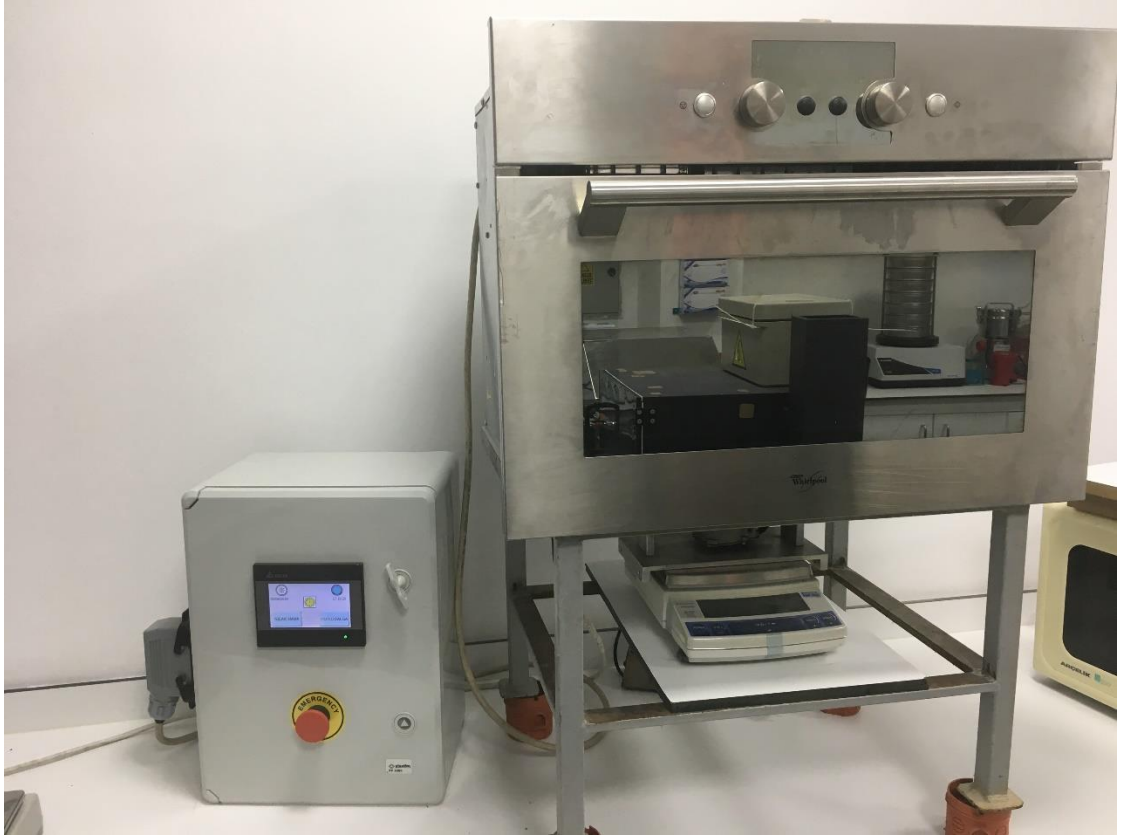
Bu bölümde deneylerde kullanılan materyal ve yöntemler açıklanmıştır.

#### 3.1. Materyal

Deneyleerde kullanılan havuç ve patates örnekleri Bursa ilinde yerel bir marketten alınmıştır ve deneyleer sonuçlanana kadar  $4 \pm 0,5$  °C sıcaklık koşullarında muhafaza edilmiştir.

Kurutma işlemleri Şekil 3.1’de gösterilen modifiye edilmiş bir fırında gerçekleştirilmiştir. Fırına ait ısıtma özellikleri PLC ekrana aktarılmıştır. Kurutma sıcaklıkları 0,1 hassasiyete göre ayarlanabilmektedir. Böylelikle istenilen ara değerlerin ekranda ayarlanmasına olanak sağlamıştır. Fırın içine yerleştirilen sıcaklık sensörü ile fırın içindeki sıcaklık değişimleri gözlemlenmektedir.

Şekil 3.1. Modifiye edilmiş kurutma fırının genel görünüşü



Taze ve kurutulmuş havuç ve patates örneklerinin renk değişimleri genel görünüşü Şekil 3.2’de gösterilen renk ölçer (HunterLab, ABD) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

**Şekil 3.2.** Renk ölçer cihazının genel görünüşü



Ultrases ön işleme için kullanılan ultrasonik banyo cihazının (İntersonik, Türkiye) genel görünüşü ise Şekil 3.3’te verilmiştir.

**Şekil 3.3.** Ultrasonik banyo cihazının genel görünüşü



Örneklerin pH ölçümü, pH metre cihazı (Jenco, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan cihazın genel görünüşü Şekil 3.4'te verilmiştir.

**Şekil 3.4.** PH metre cihazının genel görünüşü



Taze ve kurutulmuş havuç ve patates örneklerinin °Briks ölçümleri, dijital refraktometre cihazı (Milwaukee, Romania) kullanılarak ölçülmüştür. Refraktometre cihazının genel görünüşü Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

**Şekil 3.5.** Dijital refraktometre cihazının genel görünüşü



### **3.2.Yöntem**

Bu bölümde tez çalışmasında gerçekleştirilen deneylerin yöntemleri ve hesaplamalarına yer verilmiştir.

#### **3.2.1. Kurutma yöntemi**

Kurutma işlemi için hasar görmemiş ve yeterli olgunluktaki ürünler seçilmiştir. Seçilen ürünler özel bir kesici ile kabukları soyulmuş ve dilimleyici (Börner, Almanya) yardımıyla 2 ve 4 mm olmak üzere iki farklı dilim kalınlığına getirilmiştir. Havuç ve patates örneklerinin başlangıçtaki nem seviyeleri kuru bazda (k.b.) sırasıyla 8,75 (g su.g kuru madde<sup>-1</sup>) ve 3,69 (g su.g kuru madde<sup>-1</sup>) olarak etüvde 24 saat süre ile 70 °C'de kurutularak belirlenmiştir.

Havuç ve patates örneklerinin ağırlık kayıpları ürünlerin 10 dakikalık aralıklarla fırından alınıp ve 0.01 g hassasiyete sahip dijital terazide (Shimadzu, Japonya) tartılmasıyla saptanmıştır. Kurutma deneyleri boyunca örneklerin tartım işlemleri 20 s içinde bitirilip, örnekler fırına geri konulmuştur (Kayışoğlu ve Ertekin 2011). Deneyler 3 tekerrür halinde yapılmıştır.

Patates ve havuç örneklerinin kurutulması çalışmasında modifiye edilmiş kurutma fırını kullanılmıştır. Ürünler 60 ve 70 °C’de 1 m/s hava hızında kurutulmuştur. Ürünlerin kurutulmasında kullanılacak deney deseni Çizelge 3.1’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Ürünlerin kurutulmasında kullanılacak kurutma parametrelerinin belirlenmesi için uygulanacak deney deseni

Kurutma Yöntemi	Ultrases ön işlem süresi (dk)	Dilim kalınlığı (cm)	Sıcaklık (°C)	Kalite Parametreleri	
Havuç	0	2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	0	4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	0	2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	0	4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	20	2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	20	4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	20	2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	20	4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	Sıcak hava kurutma	0	2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri
		0	4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri
0		2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
0		4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
20		2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
20		4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
20		2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
20		4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
40		2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
40		4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
40		2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
40		4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
Patates		20	2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri
		20	4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri
	20	2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	20	4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	2	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	4	60	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	2	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	
	40	4	70	Kurutma kinetik ve kalite özellikleri	

### 3.2.2. Ultrases ön işlem uygulaması

Ultrases ön işlem uygulamaları 25 kHz frekans ve 300 W gücündeki ultrasonik banyoda oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Dilimlenmiş patates ve havuç örnekleri metal bir sepet içine konulup sonra saf su ile doldurulmuş ultrasonik banyoya yerleştirilmiştir. Ürün miktarı ile saf su oranı 1:4 olarak ayarlanmıştır. Ultrases ön işlemi uygulanmayan

örnekler ise aynı oranda saf su içinde bekletilmiştir. Ultrases ön işlemi ürünlere 0 (kontrol), 20 ve 40 dakika boyunca uygulanmıştır. Ultrases ön işlemden geçirilen ürünler süzülüp filtre kağıdı ile üzerindeki su alınmıştır.

### 3.2.3. Nem içeriğinin hesaplanması

Kurutma deneyleri sonunda kuruma eğrilerinin belirlenmesi ve kurutma işleminin modellenmesi için denemelerde alınan ağırlık azalmaları verilerinin nem içeriği ve boyutsuz nem içeriği değerlerine dönüştürülmesi gerekir (Dadalı 2007). Aşağıda verilen Eşitlik 3.1 ile deneysel verilerin herhangi bir t anındaki nem içeriği değerleri hesaplanmıştır.

$$M_t = \frac{m - KM}{KM} \quad (3.1.)$$

$M_t$ : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (g su.g kuru madde<sup>-1</sup>)

m: Numunenin ağırlığı (g)

KM: Numunenin içerdiği kuru madde miktarı (g)

olarak tanımlanmıştır.

### 3.2.4. Nem oranının hesaplanması

Modellemede kullanılan boyutsuz nem oranı (MR) Eşitlik 3.2. kullanılarak belirlenmiştir (Kipcak 2017).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (3.2.)$$

### 3.2.5. Kuruma hızının hesaplanması

Kurutma hızı (KH), aşağıdaki Eşitlik 3.3. ile nem içeriğine karşılık kuruma zamanı eğrilerinin türevlerinin alınması ile bulunmuştur (Kipcak 2017).

$$KH = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (3.3.)$$

$M_{t+dt}$ : t+dt anındaki nem içeriği (g su.g kuru madde<sup>-1</sup>)

$dt$  : Kuruma zamanı (dakika)  
olarak tanımlanmıştır

### 3.2.6. Kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

Çalışmalarda kullanılan 10 adet ince tabaka kurutma modeli Çizelge 3.2’de formülleri ile birlikte gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Havuç ve patates örneklerinin matematiksel modellenmesi için kullanılan ince tabaka kurutma modelleri

No	Model adı	Model	Referans
1	Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Demiray ve Tulek (2014)
2	Newton	$MR = \exp(-kt)$	Saxena ve Dash (2015)
3	Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Murthy ve Manohar (2014)
4	Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	Mota ve ark. (2010)
5	İki Terimli	$MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	Bhattacharya ve ark. (2015)
6	İki Terimli Ekspansiyel	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$	Evin (2011)
7	Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Arumuganathan ve ark. (2009)
8	Difüzyon Yaklaşım	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$	Taşkın ve ark. (2017)
9	Verma ve ark.	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-gt)$	Faal ve ark. (2015)
10	Midilli ve ark.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli ve ark. (2002)

### 3.2.7. Renk değerlerinin belirlenmesi ve hesaplanması

Havuç ve patates örneklerinin rengi, tüm deneyler için örneklerdeki dört farklı noktada bir renk ölçer cihazı (Hunter Lab, ABD) kullanılarak ölçülmüştür.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  'nin sırasıyla parlaklık, yeşil / kırmızı ve mavi / sarı kromatik bileşenleri temsil ettiği bir renk sistemi kullanılmıştır. Taze havuç ve patates örnekleri için renk parametreleri  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  ve  $b_0^*$  olarak not edilmiştir. Deneyler yapılırken, renk ölçümlerinin her birinden önce, standart bir beyaz ve siyah plaka vasıtasıyla kolorimetre kalibre edilmiştir. Her kullanımdan önce, ışık kaynağı üzerine, kolorimetrenin burun konisine yakın bir miktar



örnek taşıyan bir cam hücre yerleştirilmiş ve daha sonra  $L_0^*$ ,  $a_0^*$ ,  $b_0^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri not edilmiştir. Ek olarak, elde edilen renk parametreleri toplam renk farklılıkları ( $\Delta E$ ), Chroma değeri ( $C$ ) ve hue açısı ( $\alpha$ ) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Tian ve ark. 2016, Zhao ve ark. 2017).

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (3.3)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3.4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3.5)$$

### 3.2.8. Rehidrasyon oranının belirlenmesi

Rehidrasyon değerlerinin belirlenebilmesi için kurutulmuş havuç ve patates dilimleri ( $10 \pm 0.1$  g), 14 saat boyunca  $20$  °C'de damıtılmış su içine, 1: 50 katı / sıvı oranında olacak şekilde yerleştirilmiştir (Vega-Gálvez ve ark. 2009). Daha sonra havuç ve patates dilimleri çıkarılmış, 30 saniye süreyle boşaltılmış ve  $\pm 0.001$  g hassasiyetine sahip bir elektronik dijital terazi (Shimadzu, Japonya) kullanılarak tartılmıştır. Her uygulama için bu işlem üç tekrür halinde tekrar edilmiştir. Sonunda, rehidrasyon oranı ( $R$ ) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Sunjka ve ark. 2008). Burada  $M_1$  ve  $M_2$  sırasıyla rehidrasyondan önce ve sonra numune ağırlıkları olarak gösterilmiştir.

$$R = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \quad (3.6.)$$

### 3.2.9. PH değerlerinin belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş havuç ve patates örneklerinin pH ölçümü, pH metre (Jenco, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Kurutulmuş örnekler saf su içerisinde bekletilmiştir. Ardından pH metre probu çözelti içerisine daldırılıp ölçüm gerçekleştirilmiştir. Taze havuç ve patates örneklerinin suyu çıkarıldıktan sonra prob yardımı ile pH ölçümü yapılmıştır. Deneyle 3 tekrür halinde gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.10. Suda çözünen kuru madde miktarı (°Briks) değerlerinin belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş havuç ve patates örneklerinin °Briks değerleri dijital refraktometre (Milwaukee, Romanya) kullanılarak belirlenmiştir. Kurutulmuş havuç ve patates örnekleri saf su içinde bekletilmiştir. Çok katlı tülbent yardımı ile süzülüp °Briks değerleri belirlenmiştir. Taze havuç ve patates örneklerinin °Briks değerleri ise ürünlerin suyu çıkarılıp çok katlı tülbent yardımı ile süzüldükten sonra tespit edilmiştir. Deneyle 3 tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.11. Verilerin değerlendirilmesi

Modelleme çalışmalarında MATLAB (MathWorks Inc., Natick, MA) paket programı kullanılmıştır. Farklı kurutma koşullarından elde edilen verilerin işlenmesinde MS-Excel programı kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde JMP (Versiyon 7, ABD) paket programı kullanılarak varyans analizi ile karşılaştırma testi yapılmıştır. Veriler %5 önem seviyesinde analiz edilmiştir. En iyi modelin belirlenmesinde ki-kare ( $\chi^2$ , Eşitlik 3.7.), hataların karelerinin karekök ortalaması ( $RMSE$ , Eşitlik 3.8.) ve belirtme katsayısı ( $R^2$ ) istatistiksel kriterleri uygulanmıştır.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - z} \quad (3.7.)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N}} \quad (3.8.)$$

$MR_{exp,i}$ ,  $i$ . Deneysel nem oranı,  $MR_{pre,i}$ ,  $i$ . Tahmin edilen nem oranı,  $N$  gözlemlenen deneysel veri adedi,  $R^2$  belirtme katsayısı,  $z$  modelde yer alan bağımsız değişken sayısıdır.

## **4. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Bu bölümde deney sonuçları incelenmiştir.

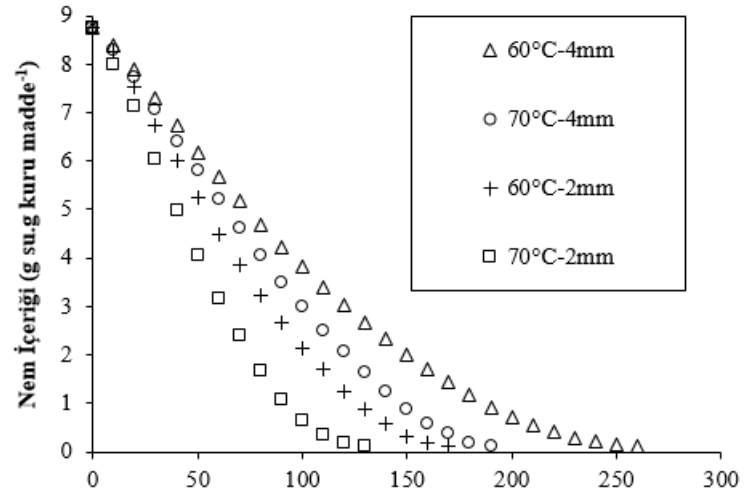
### **4.1. Havuç Kurutma**

Bu bölümde farklı yöntemlerle kurutulan havuç ürününün deney sonuçlarından bahsedilmiştir.

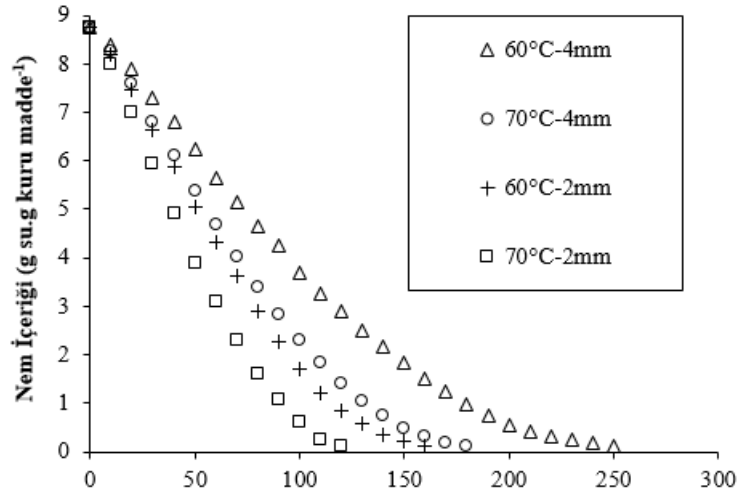
#### **4.1.1. Havuç ürününün nem içeriğinin değişimi**

Farklı kurutma koşulları uygulanarak elde edilen havuç ürününün nem içeriklerinin zamanla değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Kuruma sürelerinin farklı sıcaklık, dilim kalınlığı ve uygulanan ultrases ön işlem süresine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. 70 °C’de kurutulan ultrases ön işlemi uygulanmamış 4 mm kalınlığındaki havuç örneklerinin istenen son nem seviyesine getirilmesi 190 dakika sürerken, 70 °C’de kurutulan ultrases ön işlemi uygulanmamış 2 mm kalınlığındaki havuç örneklerinin istenen nem seviyesine ulaşma süresi ise 130 dakikada sürmüştür. Bu durum dilim kalınlığının artışının kuruma süresini arttırdığı ispatlanmıştır. Benzer sonuçlar Sonmete ve ark. (2017) yılında yaptığı farklı dilim kalınlıklarındaki havuç örneklerinin zorlanmış konvektif yöntemle kurutulmasında da gözlemlenmiştir. 60 °C sıcaklıkla kurutulan ultrases ön işlemi uygulanmamış (kontrol), US20 ve US40 uygulanmış 2 mm kalınlığındaki havuç örnekleri sırasıyla 170, 160 ve 150 dakikada kurutulurken, 70 °C sıcaklıkla ultrases ön işlemi uygulanmamış (kontrol), US20 ve US40 uygulanmış 2 mm kalınlığındaki havuç örnekleri ise sırasıyla 130, 120 ve 110 dakikada kurutulmuştur. Bu durum ise uygulanan kurutma sıcaklığı artışının havuç örneklerinin kuruma sürelerini azalttığını göstermiştir. Demiray ve ark. (2017) soğanın konvektif yöntemle kurutulması çalışmasında sıcaklığın artışının ısı transfer katsayısını arttırdığını ve böylelikle ürünlerin daha kısa sürede kurduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlar yapılan tez çalışmasıyla benzerlik göstermiştir. Farklı sürelerde uygulanan ultrases ön işlemin aynı sıcaklık ve dilim kalınlıklarında kurutulan örnekler üzerinde kuruma sürelerine etkisi incelendiğinde uzun süre ultrases ön işleminden geçen havuçların daha kısa sürede denge nemine ulaştıkları gözlemlenmiştir. En uzun

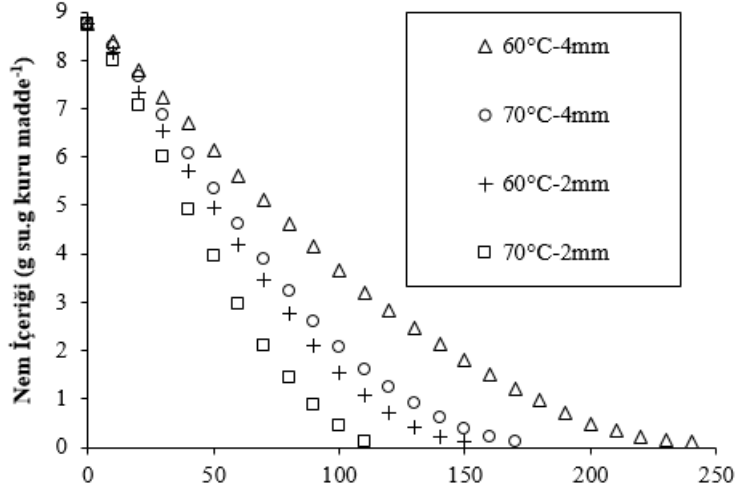
kuruma süresi 260 dakika ile 60 °C’de 4 mm kalınlıktaki ultrases ön işlem görmemiş havuç örneklerinde tespit edilirken, en kısa kuruma süresi 110 dakika ile 70 °C’de kurutulan 2 mm kalınlıktaki 40 dakika ultrases uygulanmış havuç örneklerinde görülmüştür. Toplam kuruma süresi açısından ultrases ön işleminden en çok etkilenen 70 °C’de kurutulan 2 mm kalınlıktaki havuç dilimlerinin olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir deyişle, 70 °C’de kurutulan 2 mm kalınlıktaki havuç dilimlerinin ultrases işleminin 20 ve 40 dakika uygulandığı deneylerde ultrases ön işleminin uygulanmadığı örneklerle kıyasla kurutma süreleri sırasıyla % 7,69 ve % 15,39 oranında düşmüştür. Fijalkowska ve ark. (2016) elmanın kurutulması çalışmalarında ultrases ön işlemi uygulanmış örneklerin ön işlem görmemiş örneklerle kıyasla kuruma süresini % 13-17 azalttığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar yapılan deneylerle paralellik göstermiştir.



a) Zaman (dakika)



b) Zaman (dakika)

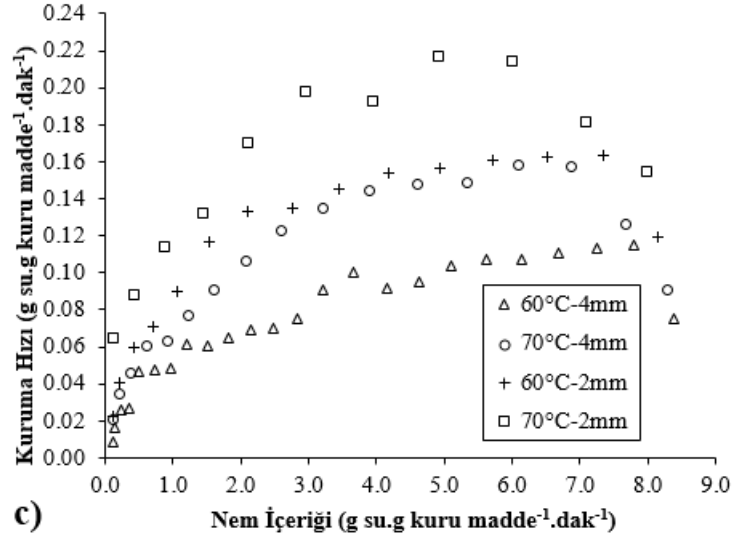
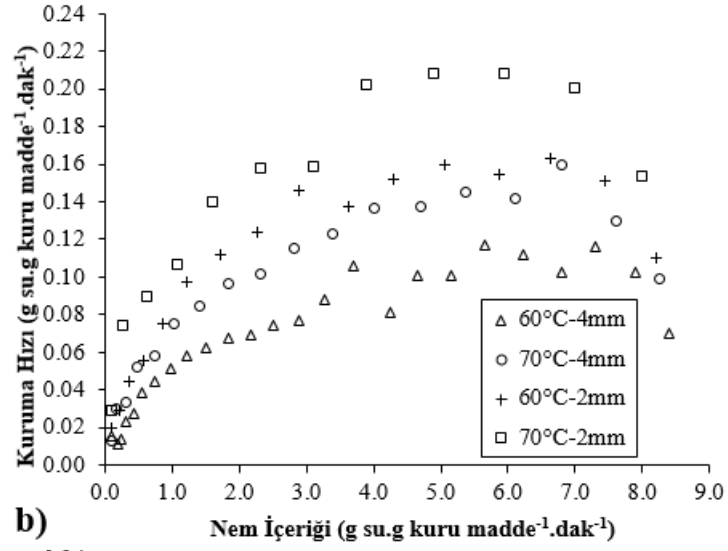
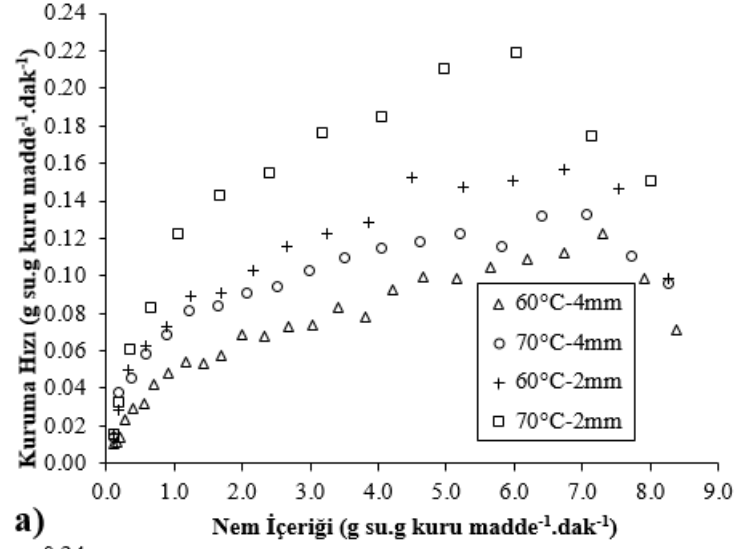


c) Zaman (dakika)

Şekil 4.1. Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulmuş havuç örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi

#### 4.1.2. Havuç ürününün kuruma hızı değişimi

şekil 4.2’de kurutulan havuç örneklerinin farklı kurutma koşullarında kuruma hızlarının zamanla değişimi gösterilmiştir. şekil 4.2 incelendiğinde, tüm kurutma koşullarında kurutmanın ilk evrelerinde nem hızlı bir şekilde uzaklaşırken sonraki evrelerde kuruma hızının zamanla azaldığı görölmüştür. Ayrıca, tüm kurutma koşullarında meydana gelen azalan hız periyodu davranışı, Vega-Gálvez ve ark. (2014) tarafından yapılan beктаři üzümü kurutma çalışmasının sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Havuç örneklerinin tüm kurutma koşulları incelendiğinde, 60 °C’de ve 4 mm kalınlığındaki havuç dilimlerinin kurutulması koşullarında kuruma hızının en düşük seviyede olduğu gözlenmiştir. En yüksek kuruma hızı ise 70 °C’de kurutulan 2 mm kalınlığındaki havuç örneklerinden elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre havucun kurutulmasında dilim kalınlığının artışının kuruma hızını azalttığı sonucuna varılmıştır. Erenturk ve Erenturk (2007) havuç örneklerinin farklı dilim kalınlıklarında gerçekleştirdikleri kurutma işleminde aynı etkiyi gözlelemişlerdir. Ayrıca, 70 °C’de kurutulan havuç ürünlerinin kuruma hızları 60 °C’de kurutulan ürünlere göre daha yüksek bulunmuştur. Deneylerde kullanılan kurutma sıcaklığının artışı ile havuç ürününün kuruma hızı artmıştır. Bu sonucun literatür ile uyumlu olduğu saptanmıştır (Murthy ve Manohar 2014). Sonuç olarak, yüksek sıcaklıkta kurutulan ve daha ince yapıdaki havuç dilimlerinin kuruma hızlarının daha yüksek olduğu bulunmuştur.



**Şekil 4.2.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleri ile değişimi

#### 4.1.3. Havuç ürününün kuruma eğrilerinin modellenmesi

İstatistiksel hesaplamaların sonucunda ortaya çıkan havuç örneklerinin farklı kurutma koşulları altında modellenmesine ait veriler Çizelgeler 4.1-4.3 arasında sunulmuştur. Çizelgeler incelendiğinde  $R^2$ , RMSE ve  $\chi^2$  değerleri sırasıyla 0,9058-0,9999, 0,0041-0,1067 ve  $0,2038 \times 10^{-4}$ - $101,4310 \times 10^{-4}$  arasında değiştii görölmektedir. Veriler ışığında en uygun modelin Midilli ve ark. modeli olduğu tespit edilmiştir. En uygun modelin  $R^2$ , RMSE ve  $\chi^2$  değerleri sırasıyla 0,9991-0,9999, 0,0041-0,0102 ve  $0,2038 \times 10^{-4}$ - $0,9932 \times 10^{-4}$  arasında değişmiştir. Tüm kurutma koşullarında en uygun model ile deneysel sonuçların karşılaştırılması Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekillerden de anlaşıldığı gibi, Midilli ve ark. modelinin deneysel sonuçlarla iyi uyum içinde olduğu görölmektedir. Bu durum havuç örneklerinin farklı kurutma koşulları altında kurutma kinetiklerini en iyi tanımlayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğunu kanıtlamıştır (Doymaz 2017). Kaveh ve ark. (2018) badem çekirdeklerinin kurutma işleminin modellenmesi çalışmasında 15 farklı ince tabaka kurutma yöntemi kullanmışlardır. Yapılan tez çalışmasına benzer olarak badem çekirdeklerinin kurutma kinetiklerini en iyi açıklayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğunu tespit etmişlerdir. Nowacka ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada benzer sonuçları belirlemişlerdir.



**Çizelge 4.1.** Ultrases ön işlem uygulaması (USO) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları

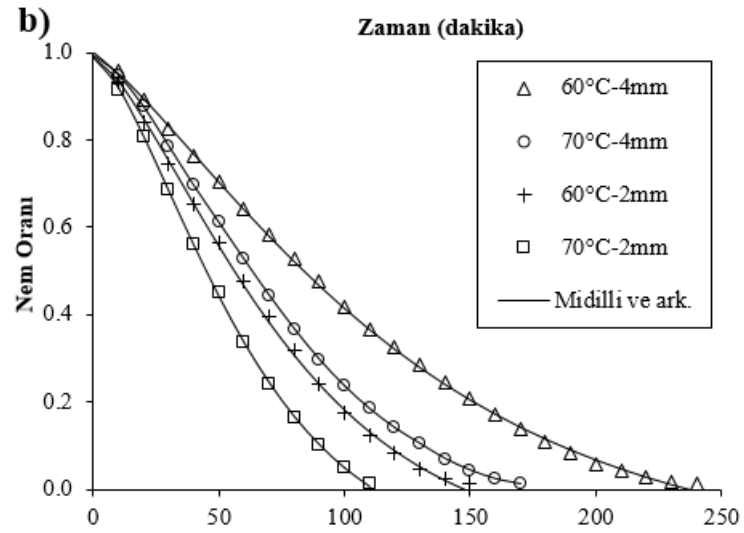
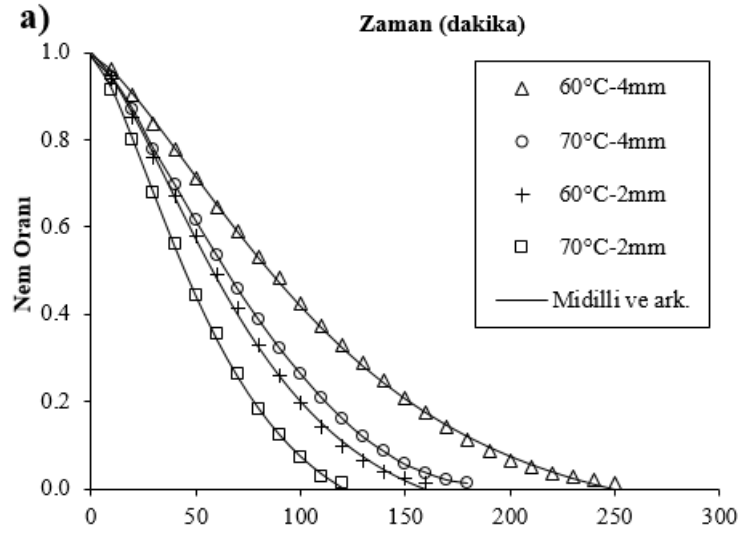
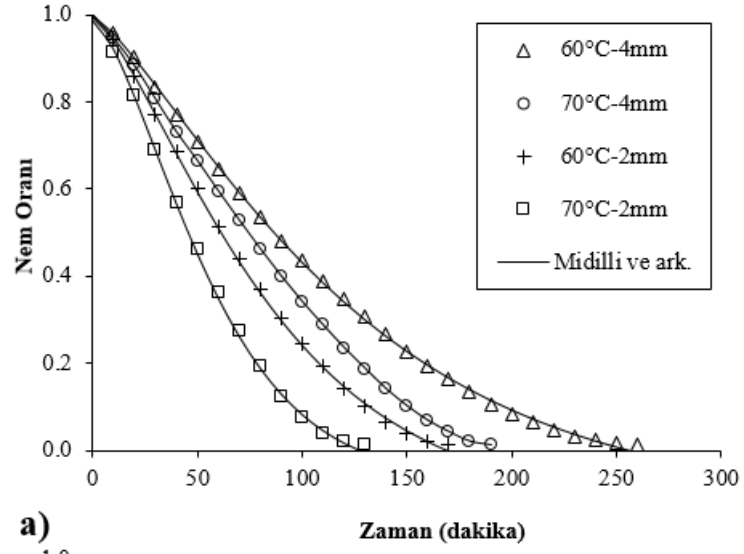
No	60°C-2mm				60°C-4mm				70°C-2mm				70°C-4mm			
	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1,109 k=0,01476	0,9643	0,0612	36,5185	a=1,105 k=0,01031	0,9737	0,0521	36,0550	a=1,106 k=0,02003	0,9578	0,0717	35,7712	a=1,112 k=0,0125	0,9598	0,0661	66,0655
2	k=0,01333	0,9516	0,0736	56,2552	k=0,00935	0,9619	0,0628	55,7710	k=0,01819	0,9472	0,0801	53,6611	k=0,01123	0,946	0,0766	78,5804
3	k=0,001356 n=1,518 a=1,494	0,9971	0,0181	2,8085	k=0,001231 n=1,423 a=1,35	0,9967	0,0185	1,5094	k=0,001636 n=1,585 a=1,464	0,9975	0,0173	0,5100	k=0,0009726 n=1,536 a=1,677	0,9949	0,0234	10,2447
4	k=0,007417 c=-0,4506 a=-33,68	0,9957	0,0219	5,8591	k=0,006001 c=-0,3083 a=-16,18	0,9972	0,0171	8,5241	k=0,01042 c=-0,417 a=0,5944	0,9912	0,0328	10,4079	k=0,005285 c=-0,641 a=0,5559	0,9971	0,0178	7,9318
5	k <sub>0</sub> =0,004427 b=34,61 k <sub>1</sub> =0,004581	0,9658	0,0618	32,5829	k <sub>0</sub> =0,001612 b=17,08 k <sub>1</sub> =0,001838	0,9731	0,0528	5,7625	k <sub>0</sub> =0,02005 b=0,5092 k <sub>1</sub> =0,01992	0,9493	0,0785	3,3533	k <sub>0</sub> =0,01247 b=0,5517 k <sub>1</sub> =0,01243	0,9548	0,0701	23,5053
6	a=0,00005247 k=253,9	0,9486	0,0758	57,4687	a=0,00006153 k=151,9	0,9604	0,0640	57,6468	a=0,0000603 k=301,9	0,9428	0,0834	56,3670	a=0,00007 k=160,4	0,9430	0,0787	85,1498
7	a=-0,00941 b=0,00002012 a=0,08977	0,9960	0,0212	6,3707	a=-0,006743 b=0,00001103 a=0,1217	0,9981	0,0138	8,3594	a=-0,01287 b=0,0000383 a=-16,91	0,9928	0,0295	9,6667	a=-0,007752 b=0,0000125 a=-21,87	0,9969	0,0185	7,6284
8	k=7,641 b=0,001587 a=14,07	0,9097	0,1005	13,6481	k=7,23 b=0,001138 a=54,09	0,9114	0,0957	10,8789	k=0,03961 b=0,9433 a=-4,771	0,9931	0,0289	2,7085	k=0,02204 b=0,965 a=-6,744	0,9867	0,03797	18,2005
9	k=0,02656 g=0,0285 a=0,9959	0,9939	0,0261	31,8743	k=0,01833 g=0,01863 a=0,997	0,9948	0,0231	29,3644	k=0,004097 g=0,005684 a=0,9882	0,9889	0,0367	23,8672	k=0,001805 g=0,002574 a=0,9955	0,9955	0,0220	51,6499
10	k=0,002121 n=1,384 b=-0,0004517	0,9997	0,0060	0,8480	k=0,002026 n=1,291 b=-0,0002912	0,9994	0,0080	0,6113	k=0,001978 n=1,514 b=-0,0003601	0,9992	0,0102	0,2908	k=0,001862 n=1,345 b=-0,0006375	0,9995	0,0074	3,8142

**Çizelge 4.2.** Ultrases ön işlem uygulaması (US20) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları

No	60°C-2mm			60°C-4mm			70°C-2mm			70°C-4mm						
	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1,115 k=0,01582	0,9598	0,06824	44,9462	a=1,114 k=0,01064	0,9708	0,0557	29,9805	a=1,101 k=0,0202	0,9587	0,0701	48,4495	a=1,112 k=0,01423	0,9652	0,06238	32,0821
2	k=0,01423	0,9463	0,07887	62,5187	k=0,009574	0,9569	0,0676	45,8135	k=0,01839	0,9488	0,0781	60,5028	k=0,01283	0,9520	0,0732	54,4044
3	k=0,001184 n=1,572	0,9975	0,0171	3,0743	k=0,001007 n=1,473	0,9977	0,0155	2,6344	k=0,001879 n=1,558	0,9973	0,0179	3,4604	k=0,001252 n=1,522	0,9978	0,0155	2,6167
4	a=1,515 k=0,007838 c=-0,4662	0,9935	0,0275	6,3954	a=1,379 k=0,00607 c=-0,3288	0,9957	0,0213	3,3752	a=1,568 k=0,009476 c=-0,5288	0,9944	0,0259	4,7423	a=1,453 k=0,007491 c=-0,4052	0,9947	0,0243	4,4587
5	a=-71,41 k <sub>0</sub> =0,007925 b=72,34 k <sub>1</sub> =0,007986	0,9318	0,0889	79,1744	a=-16,18 k <sub>0</sub> =0,002207 b=24,65 k <sub>1</sub> =0,002365	0,9701	0,0563	31,3673	a=-43,64 k <sub>0</sub> =0,0109 b=44,59 k <sub>1</sub> =0,01103	0,9285	0,0923	85,1540	a=-46,25 k <sub>0</sub> =0,0073 b=47,18 k <sub>1</sub> =0,007378	0,9323	0,0870	76,4435
6	a=0,00005243 k=271,4	0,9427	0,0815	66,7051	a=0,00005972 k=160,3	0,9551	0,0690	47,7403	a=0,00006195 k=296,8	0,9441	0,0816	66,0223	a=0,00005088 k=252	0,9492	0,0754	57,6220
7	a=-0,01 b=0,00002251	0,9937	0,0269	7,5849	a=-0,006888 b=0,00001137	0,9964	0,0194	3,6021	a=-0,01286 b=0,00003648	0,9949	0,0247	5,7564	a=-0,009122 b=0,0000193	0,9952	0,0231	5,3816
8	a=1,617 k=0,01392 b=0,9647 a=-4,072	0,9388	0,0842	66,5104	a=0,1096 k=7,289 b=0,001171 a=-6,082	0,9097	0,0979	91,8380	a=0,08304 k=10,69 b=0,001579 a=-15,15	0,9058	0,1067	101,4310	a=0,09517 k=7,641 b=0,00152 a=-17,43	0,9082	0,1012	97,5717
9	k=0,002753 g=0,004226 a=0,9913	0,9909	0,0324	11,0004	k=0,002669 g=0,003317 a=0,9936	0,9935	0,02619	6,6677	k=0,004068 g=0,004629 a=0,9945	0,9926	0,0298	8,3745	k=0,00335 g=0,003679 a=0,9925	0,9925	0,0289	8,4348
10	k=0,001605 n=1,474 b=-0,0003711	0,9995	0,0078	0,8635	k=0,001425 n=1,377 b=-0,0002289	0,9995	0,0070	0,5506	k=0,002745 n=1,431 b=-0,0006061	0,9997	0,0059	0,4265	k=0,001715 n=1,426 b=-0,0003238	0,9997	0,0058	0,4149

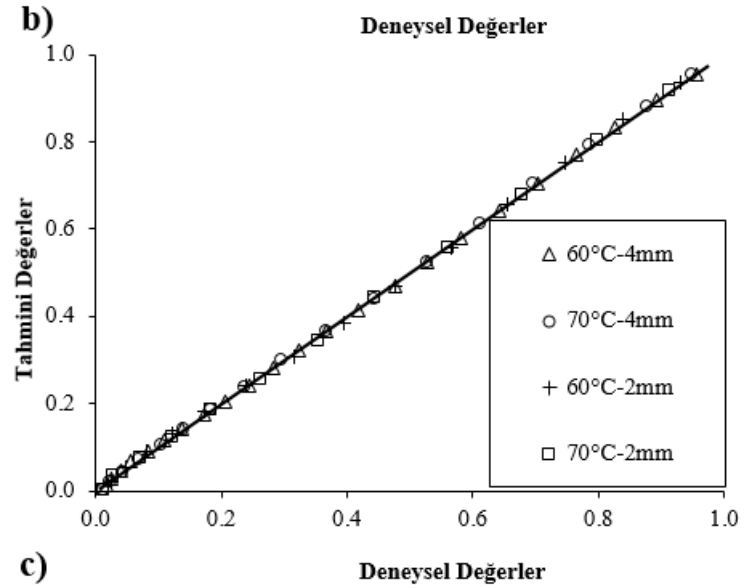
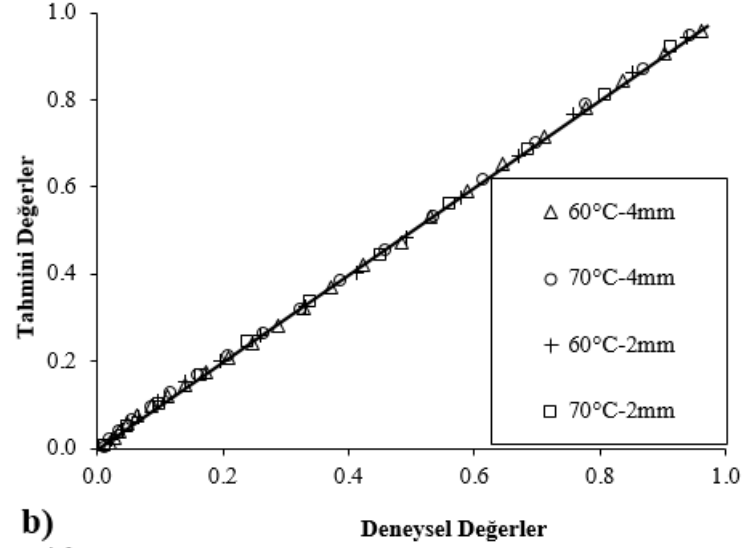
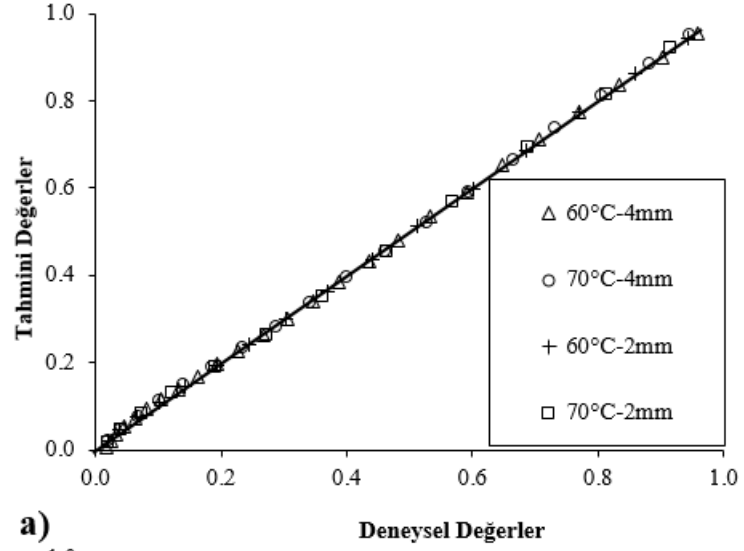
**Çizelge 4.3.** Ultrases ön işlem uygulaması (US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları

No	60°C-2mm			60°C-4mm			70°C-2mm			70°C-4mm						
	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1,109 k=0,01632	0,9569	0,0705	47,4068	a=1,106 k=0,01069	0,9705	0,0555	30,6869	a=1,105 k=0,02036	0,9480	0,0793	60,2714	a=1,124 k=0,01478	0,9596	0,0685	41,1737
2	k=0,01473	0,9447	0,0799	62,8898	k=0,009669	0,9581	0,0660	44,1224	k=0,01841	0,9372	0,0871	74,4565	k=0,01317	0,9434	0,0811	62,4635
3	k=0,001253 n=1,572	0,9960	0,0216	4,3751	k=0,001143 n=1,45	0,9964	0,0194	3,7832	k=0,001362 n=1,643	0,9966	0,0203	4,0315	k=0,000952 n=1,595	0,9984	0,0135	1,6963
4	a=1,604 k=0,007376 c=-0,5638	0,9944	0,0255	5,1535	a=1,421 k=0,005735 c=-0,3818	0,9973	0,0168	2,0924	a=1,918 k=0,00731 c=-0,881	0,9938	0,0274	5,5831	a=1,536 k=0,007267 c=-0,4786	0,9931	0,0284	5,6353
5	a=-71,41 k <sub>0</sub> =0,009232 b=43,92 k <sub>1</sub> =0,009324	0,9244	0,0935	86,6728	a=-36,56 k <sub>0</sub> =0,003097 b=37,47 k <sub>1</sub> =0,003197	0,9676	0,0581	33,9441	a=-60,85 k <sub>0</sub> =0,03816 b=61,85 k <sub>1</sub> =0,03757	0,9871	0,0395	14,8585	a=-47,15 k <sub>0</sub> =0,007904 b=48,09 k <sub>1</sub> =0,007983	0,9274	0,0918	80,3190
6	a=0,00005406 k=272,5	0,9408	0,0827	67,3999	a=0,00006127 k=157,8	0,9563	0,0675	46,0582	a=0,00006074 k=303	0,9309	0,0914	81,9258	a=0,00005272 k=249,9	0,9398	0,0836	66,3868
7	a=-0,01024 b=0,00002263 a=0,07647	0,9947	0,0247	6,0663	a=-0,006915 b=0,00001126 a=0,1042	0,9979	0,0149	2,1637	a=-0,0124 b=0,00002828 a=0,0432	0,9934	0,0282	7,5731	a=-0,009233 b=0,00001883 a=0,07207	0,9922	0,0301	8,4639
8	k=13,5 b=0,001008 a=-7,155	0,9062	0,1041	99,5592	k=7,25 b=0,001194 a=-4,088	0,9138	0,0948	86,4818	k=9,164 b=0,001919 a=-3,887	0,9058	0,1059	100,7923	k=7,582 b=0,001613 a=-4,373	0,9063	0,1043	97,7858
9	k=0,002744 g=0,003675 a=0,9899	0,9925	0,0294	8,5859	k=0,002339 g=0,0033 a=0,9956	0,9959	0,0206	4,1715	k=0,001895 g=0,004058 a=0,992	0,9918	0,0315	9,5014	k=0,002449 g=0,003744 a=0,9962	0,9895	0,0349	11,6555
10	k=0,001855 n=1,443 b=-0,0005438	0,9991	0,0102	0,9932	k=0,001944 n=1,305 b=-0,0003633	0,9995	0,0072	0,4318	k=0,002033 n=1,5 b=-0,0008116	0,9996	0,0069	0,3934	k=0,001318 n=1,499 b=-0,0003083	0,9999	0,0041	0,2038



**c)** Zaman (dakika)

**Şekil 4.3.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin zamanla değişimi



**Şekil 4.4.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.1.4. Havuç ürününün renk değişimi

Renk parametresi gıda ürünlerinin tüketici tarafından tercihinde önemli bir rol oynamaktadır. Ürün üzerindeki homojen renk dağılımı ürünün kalitesini gösterir ve tüketici kabulü üzerinde önemli etkileri vardır (Öztürk ve ark. 2017). Taze ve kurutulmuş havuç örneklerinin renk değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, havuç örneklerinin  $L^*$  değerleri 58,110 ile 47,796 arasında değiştiği görülmektedir. En düşük  $L^*$  değeri 70 °C sıcaklıkla kurutulan ultrases ön işlemden geçmemiş 4 mm kalınlığındaki örneklerde bulunmuştur.  $L^*$  değeri açısından taze havuç örnekleri ile 60 °C sıcaklıkla kurutulan 20 dakika ultrases ön işlemden geçmiş 2 mm kalınlığındaki havuç örnekleri arasında istatistiksel fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). En yüksek  $a^*$  değeri taze havuç ürününde tespit edilmiştir. Uygulanan kurutma işlemlerinin sonucunda ürünlerin  $a^*$  değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Ön işlemler (US0, US20 ve US40) uygulanarak 2 mm kalınlığa sahip ve 70 °C'de kurutulan ürünlerin  $a^*$  değerlerinde istatistiksel açıdan bir değişim olmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde,  $b^*$  değerlerindeki en büyük değişimin 70 °C'de kurutulan 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 4 mm kalınlığındaki havuç örnekleri ile 70 °C'de kurutulan ultrases ön işlem uygulanmamış 2 mm kalınlığındaki havuç örneklerinden elde edilen değerlerde oldukları tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin belirlenmesi ile toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ), Kroma ( $C$ ), Hue açısı ( $\alpha^\circ$ ) değerleri hesaplanmıştır. Renk doyumunu ifade eden  $C$  değeri en yüksek taze üründe en düşük ise 70 °C sıcaklıkla kurutulan ultrases ön işlem uygulanmamış 2 mm kalınlığındaki havuç örnekleri ve 70 °C sıcaklıkla kurutulan 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 4 mm kalınlığındaki havuç örneklerinde görülmüştür. Hue açısı ( $\alpha^\circ$ ) değerleri 52,011 ile 44,739 arasında değişirken,  $\Delta E$  değerleri ise 41,940 ile 36,975 arasında değişkenlik göstermiştir. Örneklerin  $\Delta E$  değerleri incelendiğinde 70 °C'de kurutulan 2 mm kalınlığındaki 40 ve 20 dakika ultrases ön işlem uygulanmış örneklerin değerleri arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). 60 °C'de kurutulan 2 mm kalınlığındaki örneklerde ultrases ön işlem süresi arttıkça  $\Delta E$  değerlerinde azalma meydana gelmiştir ( $p<0,05$ ). Demiray ve Tülek (2015) havucun sıcak hava ile kurutulması sonucunda meydana gelen renk değişimlerini incelemişlerdir. Kurutma işlemleri sonucunda havuç örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin

azaldığını  $\Delta E$  değerlerinin ise arttığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermiştir.

**Çizelge 4.4.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin renk değerleri

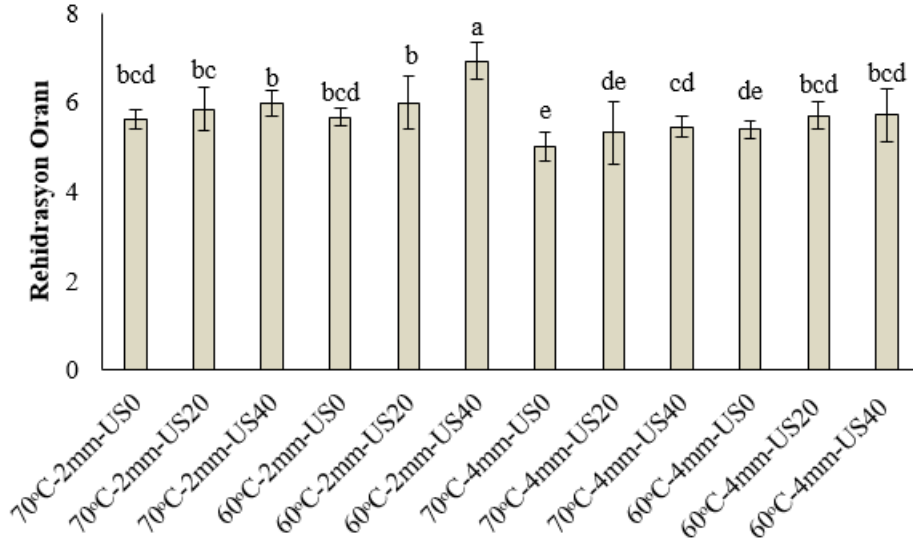
Kurutma Yöntemi	Renk Parametreleri					
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha^\circ$	$\Delta E$
Taze	58,110(1,186) <sup>a</sup>	34,152 (0,454) <sup>a</sup>	43,686(0,134) <sup>a</sup>	55,452(0,221) <sup>a</sup>	52,011(0,433) <sup>a</sup>	-
US0						
60°C-4mm	50,572(1,242) <sup>ef</sup>	31,086(0,459) <sup>e</sup>	32,544(0,646) <sup>de</sup>	45,005(0,784) <sup>c</sup>	46,334(0,151) <sup>d</sup>	40,061(0,337) <sup>cd</sup>
70°C-4mm	47,796(0,561) <sup>g</sup>	30,756(0,136) <sup>e</sup>	33,606(0,114) <sup>b</sup>	45,555(0,174) <sup>c</sup>	47,560(0,042) <sup>b</sup>	40,758(0,194) <sup>b</sup>
60°C-2mm	53,128(0,696) <sup>cd</sup>	32,294(0,201) <sup>cd</sup>	31,976(0,280) <sup>e</sup>	45,446(0,339) <sup>c</sup>	44,739(0,078) <sup>f</sup>	40,237(0,163) <sup>bc</sup>
70°C-2mm	50,116(1,164) <sup>f</sup>	27,634(0,266) <sup>g</sup>	27,602(0,294) <sup>h</sup>	39,058(0,395) <sup>f</sup>	44,989(0,048) <sup>f</sup>	39,216(0,457) <sup>ef</sup>
US20						
60°C-4mm	51,896(0,334) <sup>de</sup>	29,146(0,151) <sup>f</sup>	32,084(0,176) <sup>e</sup>	43,346(0,228) <sup>d</sup>	47,771(0,055) <sup>b</sup>	37,969(0,072) <sup>h</sup>
70°C-4mm	50,900(1,533) <sup>ef</sup>	32,942(0,699) <sup>bc</sup>	31,168(0,748) <sup>f</sup>	45,350(1,022) <sup>c</sup>	43,436(0,083) <sup>g</sup>	41,940(0,259) <sup>a</sup>
60°C-2mm	57,280(0,323) <sup>ab</sup>	33,210(0,147) <sup>b</sup>	32,896(0,560) <sup>cd</sup>	46,746(0,338) <sup>b</sup>	44,747(0,579) <sup>f</sup>	39,456(0,250) <sup>de</sup>
70°C-2mm	53,112(0,862) <sup>cd</sup>	27,414(0,307) <sup>g</sup>	29,476(0,359) <sup>g</sup>	40,254(0,471) <sup>e</sup>	47,099(0,043) <sup>c</sup>	36,975(0,251) <sup>i</sup>
US40						
60°C-4mm	50,962(0,648) <sup>ef</sup>	30,874(0,178) <sup>e</sup>	33,252(0,324) <sup>bc</sup>	45,375(0,358) <sup>c</sup>	47,147(0,117) <sup>c</sup>	39,492(0,225) <sup>de</sup>
70°C-4mm	51,554(1,455) <sup>e</sup>	27,596(0,444) <sup>g</sup>	28,164(0,466) <sup>h</sup>	39,430(0,643) <sup>ef</sup>	45,607(0,026) <sup>e</sup>	38,324(0,496) <sup>gh</sup>
60°C-2mm	55,954(0,777) <sup>b</sup>	31,934(0,316) <sup>d</sup>	32,602(0,357) <sup>de</sup>	45,636(0,473) <sup>c</sup>	45,616(0,071) <sup>e</sup>	38,771(0,110) <sup>fg</sup>
70°C-2mm	53,400(1,753) <sup>c</sup>	27,654(1,703) <sup>g</sup>	28,992(1,080) <sup>g</sup>	40,069(1,937) <sup>e</sup>	46,404(0,808) <sup>d</sup>	37,303(1,363) <sup>i</sup>

Her bir renk parametresi sütunun istatistiği ayrı ayrı uygulanmıştır ve aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.5. Havuç ürününün rehidrasyon oranının değişimi

Kurutulan ürünlerin rehidrasyon özelliklerinin belirlenmesi sıklıkla kullanılan kalite parametresi olarak belirtilmektedir. Ayrıca rehidrasyon parametresi, kurutma sırasındaki işlem koşullarından, örneklere uygulanan ön işlem den ve örneklerin bileşiminden etkilenen fiziksel ve kimyasal değişiklikleri göstermektedir (Doymaz 2014). Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş havuç örneklerinin rehidrasyon oranı değerleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Veriler incelendiğinde, en yüksek rehidrasyon oranı değeri (6,930) 60 °C'de kurutulan, 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 2 mm kalınlığındaki havuç örneklerinde bulunmuştur. En düşük değer ise (5,010) 70 °C'de kurutulan, ön işlem uygulanmamış 4 mm kalınlığındaki havuç örneklerinde gözlemlenmiştir. Ayrıca, 2 mm

kalınlığa sahip ultrases ön işlemden geğmemiş (kontrol) havuç örneklerinde sıcaklığın artışı ile rehidrasyon oranında istatistiki açıdan bir fark tespit edilmezken ( $p>0,05$ ), aynı durum 4 mm kalınlığa sahip ultrases ön işlemden geğmemiş (kontrol) havuç örneklerinde de görölmüştür ( $p>0,05$ ).



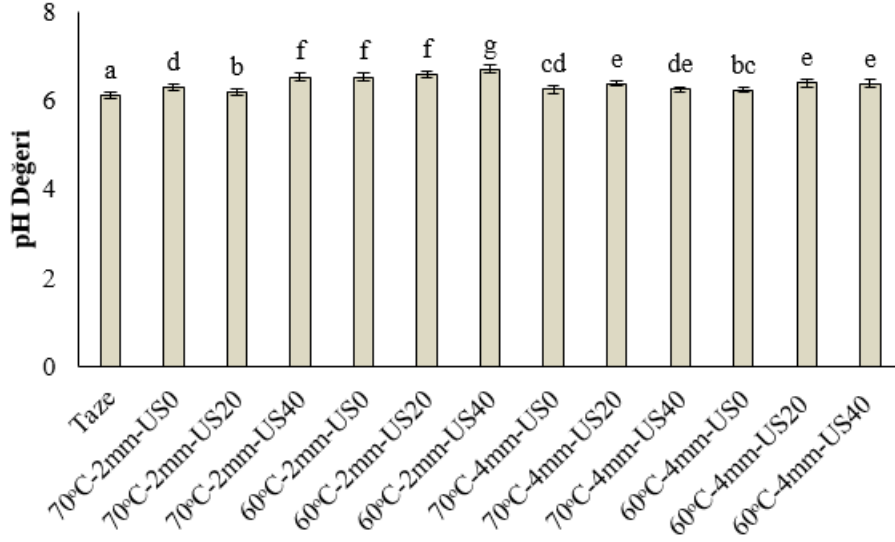
**şekil 4.5.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin rehidrasyon oranı sonuçları

#### 4.1.6. Havuç ürününün pH değişimi

Taze ve kurutulmuş havuç örneklerinin farklı kurutma koşullarındaki pH sonuçları şekil 4.6'da verilmiştir. Elde edilen veriler göz önüne alındığında, taze havuç ürününün pH değeri 6,120 olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, pH değerlerinde uygulanan ultrases ön işlem, sıcaklık ve dilim kalınlıklarına göre taze ürüne kıyasla değişimler gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). En yüksek pH değeri (6,705) 60 °C'de kurutulan 40 dakika ultrases ön işlemi uygulanmış 2 mm kalınlığındaki havuç örneklerinde bulunmuştur. Ürünlerdeki asitlik pH değerine bağlı olarak değişmektedir. PH değerinin artışı asitliğin azaldığını ifade etmektedir. Kurutma işlemi sonucunda asitlik kaybı görölebilmektedir. Literatür incelendiğinde Sra ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada 4 farklı havuç çeşidinin pH değerlerini 6,5 ile 6,6 arasında bulmuşlardır. Bu değerler yapılan tez çalışmasında kullanılan taze havuç örnekleriyle benzerlik göstermiştir. akmak ve ark. (2016) mantar dilimlerini elektrop plazmolisiz ve ultrases ön işlemi uygulayarak 50 °C sıcaklıkla kurutmuşlardır. Kurutulmuş ve ön işleme uğramamış mantar örneklerinin pH değeri ön



işleme maruz bırakılmış mantar örneklerinden daha düşük bulunmuştur. Böylece ön işlem ile asitlik değerinin azaldığını saptamışlardır. Ayrıca taze mantar örneklerinin pH değeri kurutulmuş örneklerle göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak, kurutma ile asitlik değerinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar yapılan tez çalışması ile benzerlik göstermiştir.

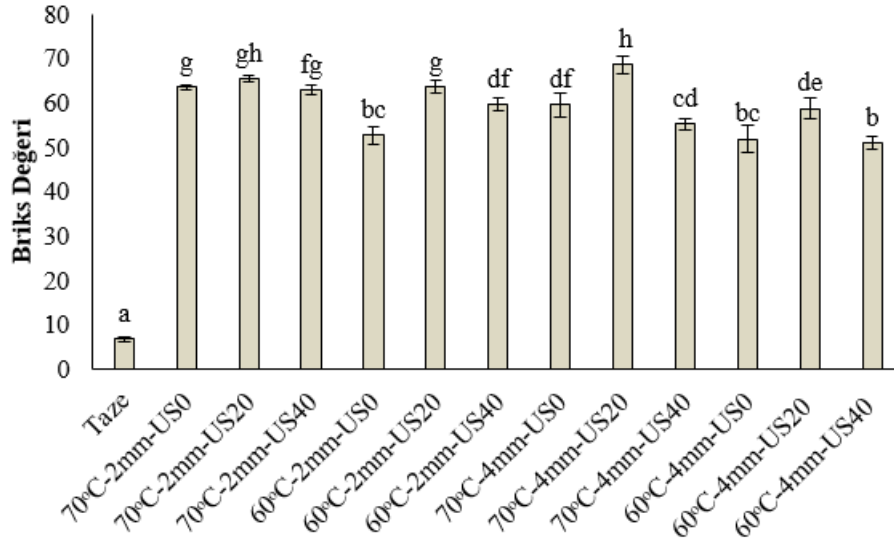


**Şekil 4.6.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulmuş havuç örneklerinin pH değeri sonuçları

#### 4.1.7. Havuç ürününün suda çözünür kuru madde (°Briks) değişimi

Taze ve farklı kurutma koşulları altında kurutulmuş havuç örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en düşük değer taze üründe (6,8 °Briks) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, kurutma koşullarının taze ürünün °Briks değerine önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Taze ürüne en yakın değer 60 °C’de kurutulmuş 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 4 mm kalınlığındaki havuç örneklerinde tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Tüm °Briks değerleri göz önüne alındığında, en yüksek değer (68,70) 70 °C’de kurutulmuş 20 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 4 mm kalınlığındaki havuç örneklerinde görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda taze havuç örneklerinin °Briks değeri Alegria ve ark. (2009), Vargas ve ark. (2009) ve Lima ve ark. (2001) tarafından sırasıyla 9,70, 9,20 ve 8,48 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler yaptığımız çalışmadaki taze havuç °Briks değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılık ürün çeşidine, yetiştiği toprak yapısına, büyüme koşullarına hasat zamanına ve genetik faktörlere bağlı olabilmektedir (Er ve Özcan 2010).

Uslu (2015) kamkatin kurutulması üzerine yaptığı tez çalışmasında kurutulmuş kamkat örneklerinin °Briks değerini yaş meyvenin °Briks değerinden yüksek bulmuştur. Bu sonuç yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir.



**Şekil 4.7.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan havuç örneklerinin °Briks değeri sonuçları

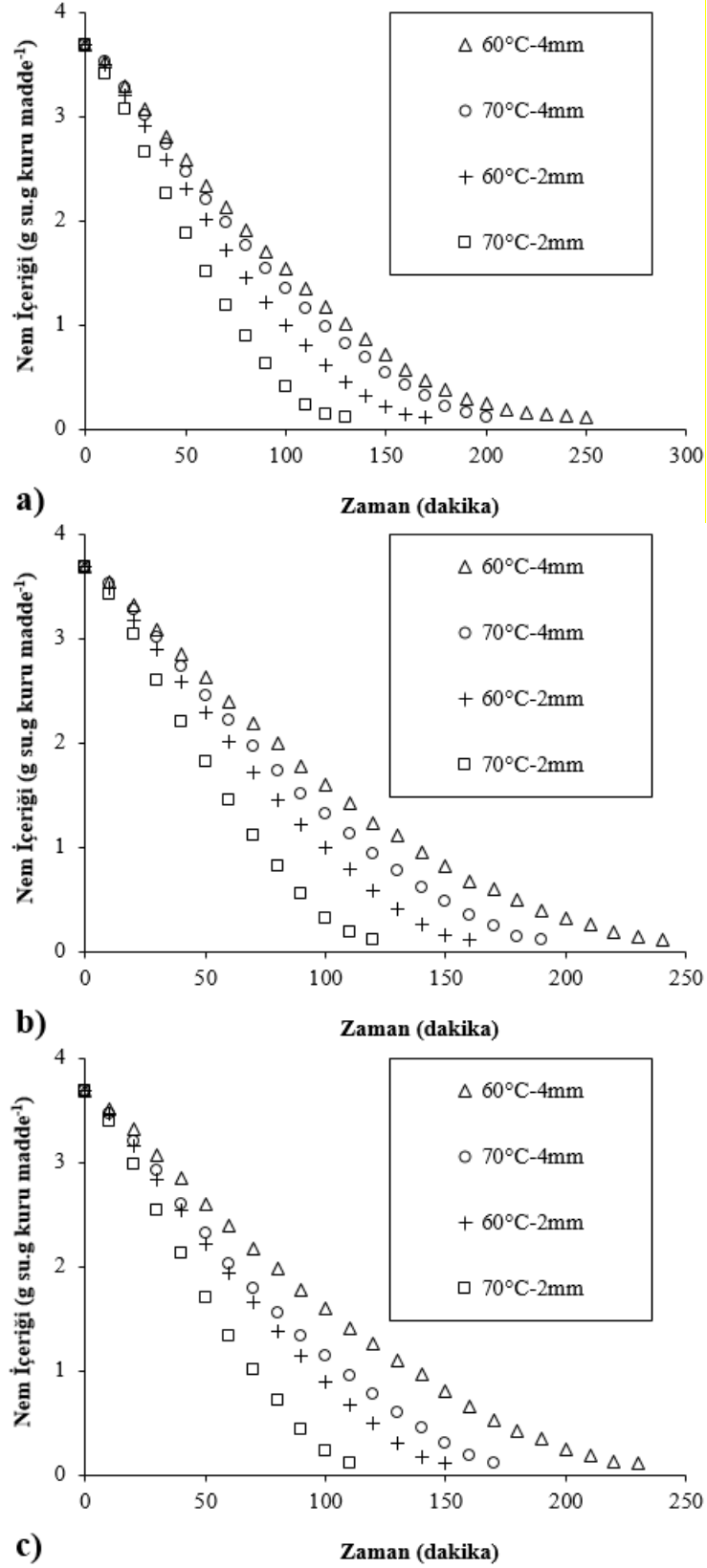
## 4.2 Patates Kurutma

Bu bölümde kurutulmuş patates ürününün deneysel sonuçları verilmiştir.

### 4.2.1. Patates ürününün nem içeriğinin değişimi

Patatesin farklı sıcaklık (60 ve 70 °C), dilim kalınlığı (2 ve 4 mm) ve sürelerde ultrases ön işlem uygulanarak kurutulmasına ait nem zaman eğrileri Şekil 4.8’de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, patatesin en kısa kurutma süresi 110 dakika, en uzun kurutma süresi 250 dakika olduğu görülmektedir. 60 °C’de kurutulan 2 mm kalınlığındaki ön işlemden geçmemiş patates örneği 170 dakikada istenilen nem seviyesine ulaşırken, aynı sıcaklıkta kurutulan 4 mm kalınlığındaki ön işlemden geçmemiş patates örneği istenen nem seviyesine 250 dakikada ulaşmıştır. Ürünlerin dilim kalınlıklarının artması kuruma süresinin uzamasına sebep olmuştur. Benzer etkiyi Doymaz ve Özdemir (2014) domatesin farklı dilim kalınlıklarında kurutulmasında gözlemlemişlerdir. Kurutma sıcaklığının etkisinin belirlenmesi amacıyla sonuçlar incelendiğinde, 60 °C’de kurutulan ultrases ön işlemi görmemiş 2 mm kalınlığındaki örneğin kuruması 170 dakika, aynı

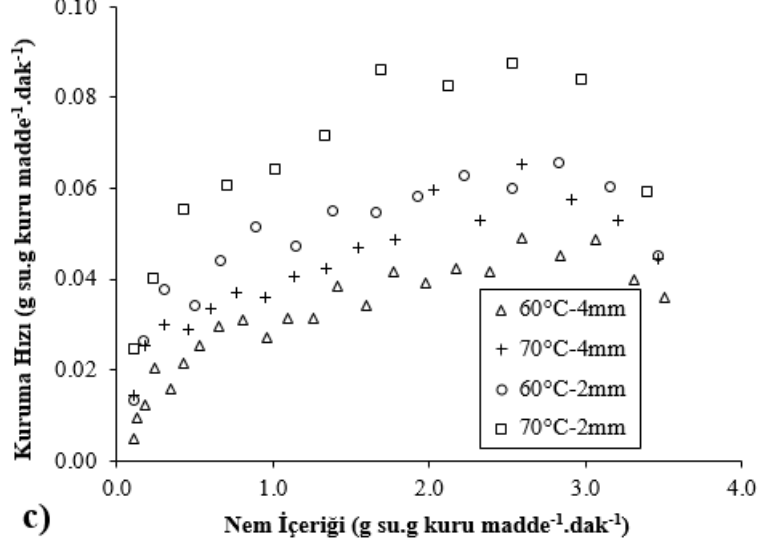
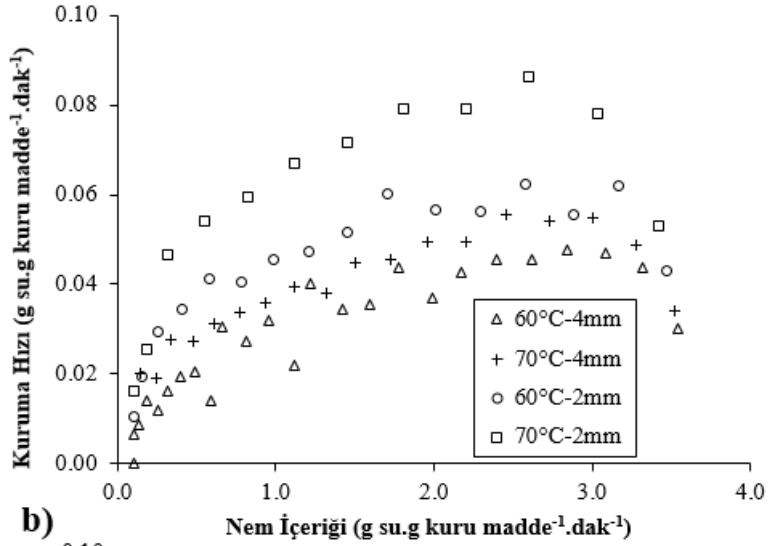
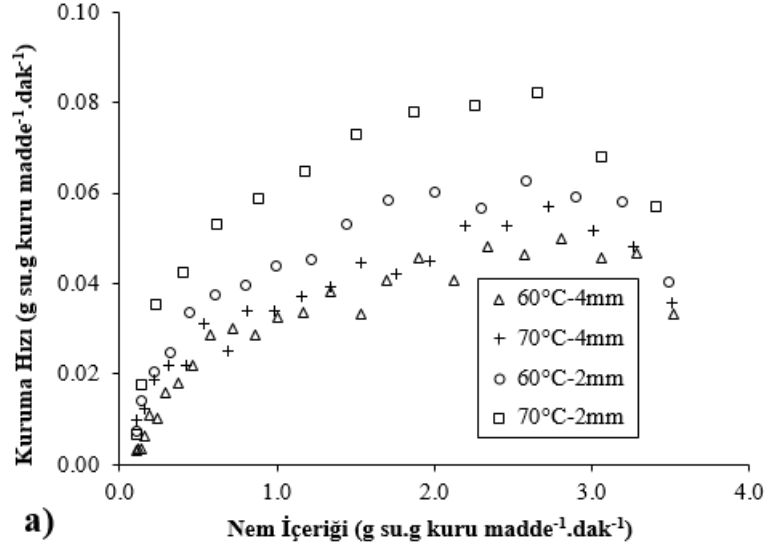
kalınlıkta 70 °C'de ön işlem görmemiş örneğin kuruması ise 130 dakika sürmüştür. Sıcaklığın artışı ile birlikte ürünün kuruma süresi azalmıştır. Meisami-Asl (2009) çalışmasında elma dilimlerini 40, 50, 60 ve 70 °C'de kurutmuş ve yüksek sıcaklıkta ürünlerin daha kısa sürede kurduğunu tespit etmiştir. Şekil 4.8'de görüldüğü gibi, ultrases ön işlem uygulamasının her bir kurutma koşulunda kuruma süresini azalttığı gözlemlenmiştir. 70 °C'de kurutulan 4 mm kalınlığındaki ön işlem görmemiş patates örnekleri ile aynı sıcaklıkta kurutulmuş ve aynı dilim kalınlığında 20 ve 40 dakika ön işlem görmüş patates örneklerinin kuruma süreleri sırasıyla 200, 190 ve 170 olarak bulunmuştur. Patatesin tüm kurutma şartları incelendiğinde uygulanan 20 ve 40 dakika ultrases ön işlemle birlikte kuruma sürelerinde % 4-15,39 oranında azalma tespit edilmiştir. Da Silva ve ark. (2016) çalışmalarında ultrases ön işlem uygulanmış kavun örneklerinin ön işlem uygulanmamış kavun örneklerine nazaran daha kısa sürede kurduğunu belirtmişlerdir. Sonuçlar yapılan çalışma ile aynı doğrultudadır.



**Şekil 4.8.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi

#### 4.2.2. Patates ürününün kuruma hızı değişimi

Farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin zamana bağlı kuruma hızı değişimi Şekil 4.9'da verilmiştir. Şekil 4.9 incelendiğinde tüm kurutma koşulları için kurutmanın ilk aşamasında patates ürünlerinin nem içerikleri daha yüksektir ve suyun uzaklaşması trans-membran taşınımı ve hücre duvarı yolundan gerçekleşmektedir. Bu durum kuruma hızının ilk evrelerde yüksek olmasının sebebi olarak gösterilmektedir. Diğer evrelerde ise nem içeriği daha azdır ve kuruma hızının azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçların genel kuruma hızı karakteristiklerine benzerlik gösterdiği görülmüştür (Purkayastha ve ark. 2013). Tüm kurutma koşullarında 70 °C'de kurutulan patates ürünlerinin kuruma hızı 60 °C'de kurutulan patates ürünlerinden daha yüksek bulunmuştur. Sıcaklığın artışı kurutma hızını arttırdığından kütle transferi daha hızlı gerçekleşmiştir. Bulunan sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir (Chayjan ve ark. 2011, Doymaz 2014). 70 °C'de kurutulan, ön işlemden geçmemiş 2 mm patates örneklerinin kuruma hızı yine aynı koşullarda kurutulan 4 mm patates örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, ürünün kalınlığının artışı kurutma hızında azalmaya neden olmuştur. Meisami-Asl ve ark. (2010) farklı dilim kalınlıklarındaki elma örneklerini sıcak hava ile kurutmuşlardır. Yapılan tez çalışmasının bulgularına paralel olarak daha ince dilimlenmiş elma örneklerinin kuruma hızı daha yüksek bulmuşlardır. Elma dilimlerine uygulanan 20 dakikalık ultrases ön işlemin ultrases ön işlemini uygulanmamış örneklerle göre kuruma hızında artışında önemli bir etkisi olmadığı fakat 40 dakikalık ön işleminin kurutma hızını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, Horuz ve ark. (2017) domatesin ultrases ön işlemleri kurutulması çalışmalarında yapılan bu çalışma ile benzer sonuçlar elde etmiştir.



**Şekil 4.9.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleri ile değişimi

### 4.2.3. Patates ürününün kuruma eğrilerinin modellenmesi

Patatesin modellenmesi çalışmasında Çizelge 3.7’de belirtilen 10 farklı ince tabaka modeli kullanılmıştır. Tüm kurutma koşullarında kullanılan modellerden elde edilen sonuçlar Çizelgeler 4.5-4.7 arasında gösterilmiştir. Çizelgelerden  $R^2$  değerlerinin 0,9315 ile 0,9997, RMSE değerlerinin 0,0051 ile 0,0841 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin  $0,1537 \times 10^{-4}$  ile  $72,2669 \times 10^{-4}$  arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek  $R^2$  ve en düşük RMSE ve  $\chi^2$  değerleri dikkate alındığında havucun kurutulmasında olduğu gibi tüm kurutma koşullarında patatesin kuruma davranışlarını açıklamada en iyi modelin Midilli ve ark. modeli olduğu tespit edilmiştir. Midilli ve ark. modelinde  $R^2$  değerleri 0,9990-0,9997 arasında değişirken RMSE değerleri 0,0051-0,0101 ve  $\chi^2$  değerleri  $0,1537 \times 10^{-4}$  ile  $0,9990 \times 10^{-4}$  arasında değişmiştir. Patatesin kurutulmasında tüm kurutma koşullarından elde edilen deneysel veriler ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen verilerden yararlanarak oluşturulan şekiller Şekil 4.10 ve 4.11’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, deneysel veriler ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen verilerin uyum içinde oldukları görülmektedir. Martin-Gomez ve ark. (2019) üzümün sıcak hava ile bütün halde kurutulmasının modellenmesinde 7 farklı ince tabaka modeli kullanmışlardır. Üzümün sıcak hava ile kuruma karakteristiklerini en açıklayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir.

**Çizelge 4.5.** Ultrases ön işlem uygulaması (USO) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları

No	60°C-2mm				60°C-4mm				70°C-2mm				70°C-4mm			
	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1,108 k=0,01389	0,9654	0,0611	37,6704	a=1,104 k=0,01081	0,9745	0,05131	25,6329	a=1,106 k=0,01812	0,9567	0,0711	49,1318	a=1,107 k=0,01177	0,9709	0,0548	28,3457
2	k=0,01252	0,9522	0,0719	53,2620	k=0,009815	0,9629	0,0619	38,2560	k=0,01639	0,9449	0,0801	64,1898	k=0,0106	0,9572	0,0665	42,4739
3	k=0,001285 n=1,513 a=1,541	0,9980	0,0147	2,4007	k=0,001272 n=1,431 a=1,308	0,9981	0,0141	1,8947	k=0,001425 n=1,584 a=1,622	0,9975	0,0172	2,6834	k=0,001271 n=1,461 a=1,497	0,9976	0,0157	2,5173
4	k=0,006748 c=-0,498 a=0,5096	0,9954	0,0224	3,9049	k=0,006729 c=-0,2601 a=-0,1604	0,9944	0,0240	3,8094	k=0,008182 c=-0,5789 a=0,5487	0,9925	0,0295	6,9410	k=0,005962 c=-0,4548 a=0,5537	0,9972	0,0171	1,5463
5	k <sub>0</sub> =0,01382 b=0,5958 k <sub>1</sub> =0,01391	0,9605	0,0654	43,3982	k <sub>0</sub> =2,876 b=1,161 k <sub>1</sub> =0,01136	0,9795	0,0460	18,4921	k <sub>0</sub> =0,01802 b=0,5543 k <sub>1</sub> =0,01814	0,9480	0,0779	59,6806	k <sub>0</sub> =0,01177 b=0,5537 k <sub>1</sub> =0,01177	0,9675	0,0580	31,6397
6	a=0,00005184 k=241,6	0,9492	0,0742	56,6086	a=0,00006269 k=156,5	0,9614	0,0632	39,8669	a=0,00005776 k=283,7	0,9403	0,0834	69,5607	a=0,00006606 k=160,5	0,9549	0,0683	44,7296
7	a=-0,008889 b=0,0000176 a=245,3	0,9952	0,0227	5,2790	a=-0,0072 b=0,00001288 a=1,009	0,9967	0,0186	3,4642	a=-0,01146 b=0,00002819 a=2,033	0,9928	0,0290	8,4322	a=-0,007586 b=0,00001306 a=-39,81	0,9967	0,0184	2,8393
8	k=0,0262 b=1,004 a=-3,967	0,9954	0,0224	5,2521	k=0,009803 b=0,8719 a=-10,91	0,9597	0,0645	39,8324	k=0,01539 b=0,9412 a=-5,807	0,9359	0,0865	68,5316	k=0,02151 b=0,9783 a=-3,959	0,9955	0,0215	4,2246
9	k=0,00239 g=0,003744 a=0,9939	0,9933	0,0270	7,4337	k=0,003309 g=0,003676 a=0,9856	0,9927	0,0275	7,6127	k=0,002732 g=0,004012 a=0,9893	0,9902	0,0338	11,4997	k=0,002121 g=0,003262 a=1,003	0,9952	0,0224	4,3604
10	k=0,001779 n=1,411 b=-0,0003762	0,9997	0,0059	0,4423	k=0,001367 n=1,4 b=-0,000128	0,9990	0,0101	0,9990	k=0,00178 n=1,503 b=-0,0004314	0,9991	0,0101	0,8759	k=0,002165 n=1,313 b=-0,0004204	0,9997	0,0060	0,2432

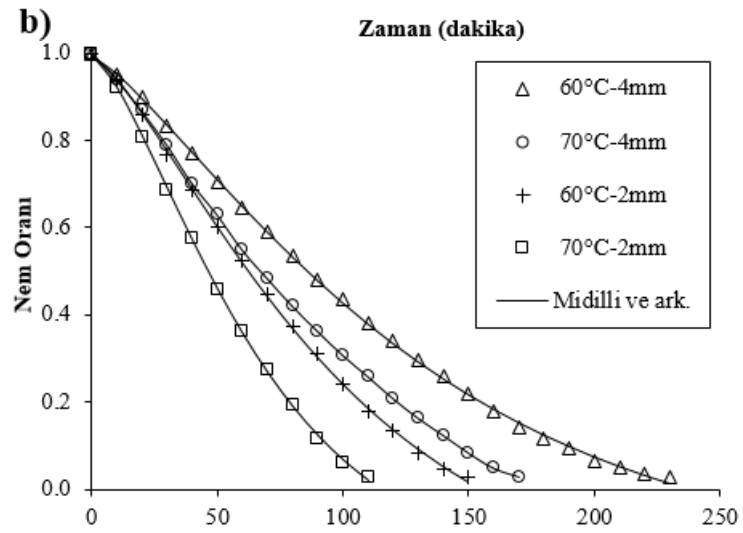
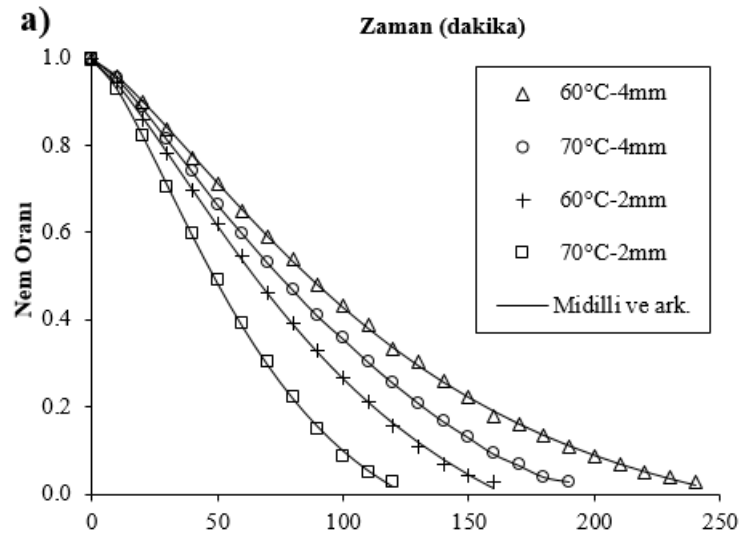
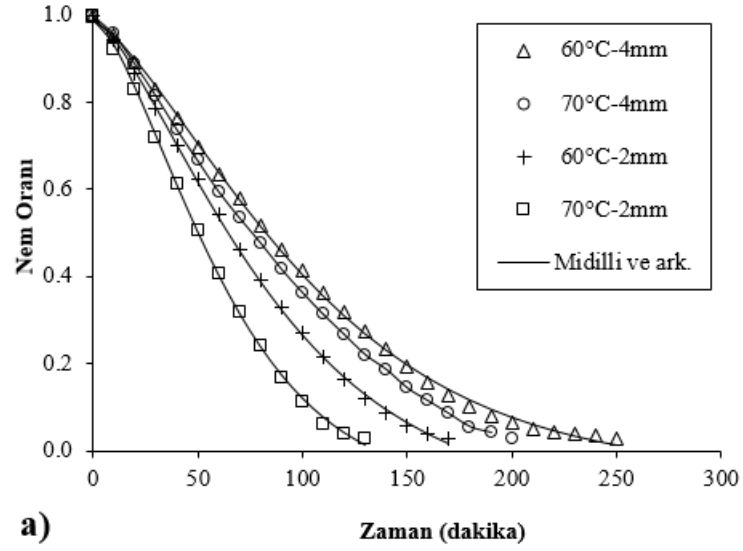


**Çizelge 4.6.** Ultrases ön işlem uygulaması (US20) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları

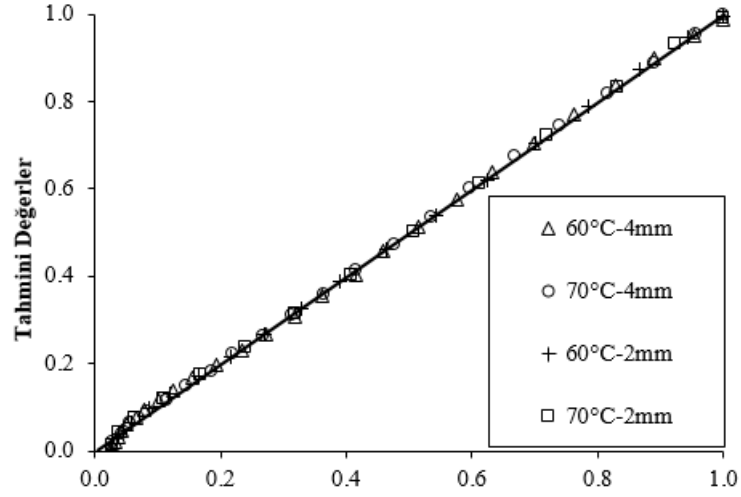
No	60°C-2mm				60°C-4mm				70°C-2mm				70°C-4mm			
	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayılar	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1,104 k=0,01393	0,9604	0,0651	42,6076	a=1,102 k=0,01023	0,9758	0,0492	23,9976	a=1,106 k=0,01865	0,9563	0,0712	51,1911	a=1,104 k=,01195	0,9674	0,0580	28,0553
2	k=0,01257	0,9477	0,0749	56,8745	k=0,009265	0,9634	0,0606	36,2911	k=0,01683	0,9442	0,0805	66,2249	k=0,01077	0,9541	0,0688	48,2990
3	k=0,001208 n=1,53	0,9960	0,0208	4,4417	k=0,001276 n=1,417	0,9983	0,0131	1,8231	k=0,001515 n=1,583	0,9974	0,0076	3,3280	k=0,001204 n=1,479	0,9968	0,0182	3,2133
4	a=1,762 k=0,005571 c=-0,7291 a=45,14	0,9969	0,0182	2,6529	a=1,385 k=0,005817 c=-0,3423 a=14,54	0,9971	0,0171	1,8436	a=1,757 k=0,007578 c=-0,7166 a=47,11	0,9944	0,0254	4,8888	a=1,61 k=0,00542 c=-0,5744 a=43,4	0,9976	0,0158	1,7042
5	k <sub>o</sub> =0,0081 b=-44,14 k <sub>i</sub> =0,008014 a=0,00005076	0,9518	0,0719	52,6585	k <sub>o</sub> =0,001778 b=-13,62 k <sub>i</sub> =0,001496 a=0,00006212	0,9776	0,0473	21,5724	k <sub>o</sub> =0,03702 b=-46,14 k <sub>i</sub> =0,03789 a=0,00005695	0,9922	0,0300	9,5723	k <sub>o</sub> =0,007635 b=-42,45 k <sub>i</sub> =0,007581 a=0,00006584	0,9315	0,0841	72,2669
6	k=247,6	0,9442	0,0773	60,6829	k=149,1	0,9618	0,0619	37,8861	k=295,5	0,9391	0,0840	72,0118	k=163,6	0,9515	0,0707	51,0034
7	a=-0,008694 b=0,0000151 a=-85,33	0,9966	0,0190	3,7410	a=-0,006763 b=0,00001102 a=-24,41	0,9974	0,0161	2,2945	a=-0,0116 b=0,00002674 a=-61,85	0,9939	0,0266	7,1624	a=-0,007603 b=0,00001242 a=-40,96	0,9972	0,01701	2,9874
8	k=0,02659 b=0,9889 a=-3,567	0,9922	0,0290	8,1297	k=0,01692 b=0,9719 a=-4,038	0,9936	0,0253	6,0623	k=0,03657 b=0,9839 a=-7,335	0,9931	0,0283	7,8047	k=0,02224 b=0,9783 a=-10,6	0,9943	0,0243	5,5957
9	k=0,001657 g=0,003227 a=0,9947	0,9956	0,0218	4,9004	k=0,002404 g=0,003332 a=0,9975	0,9954	0,0216	4,2404	k=0,002711 g=0,003797 a=0,9973	0,9922	0,0301	9,0959	k=0,002115 g=0,002596 a=0,9993	0,9960	0,0202	4,1487
10	k=0,00208 n=1,358 b=-0,0007153	0,9995	0,0070	0,5556	k=0,001851 n=1,315 b=-0,0002532	0,9997	0,0054	0,2354	k=0,002292 n=1,445 b=-0,0006725	0,9995	0,0077	0,6703	k=0,002143 n=1,311 b=-0,0005565	0,9997	0,0054	0,1869

**Çizelge 4.7.** Ultrases ön işlem uygulaması (US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örnekleri için kullanılan modellerinin istatistiksel parametreleri ve model katsayıları

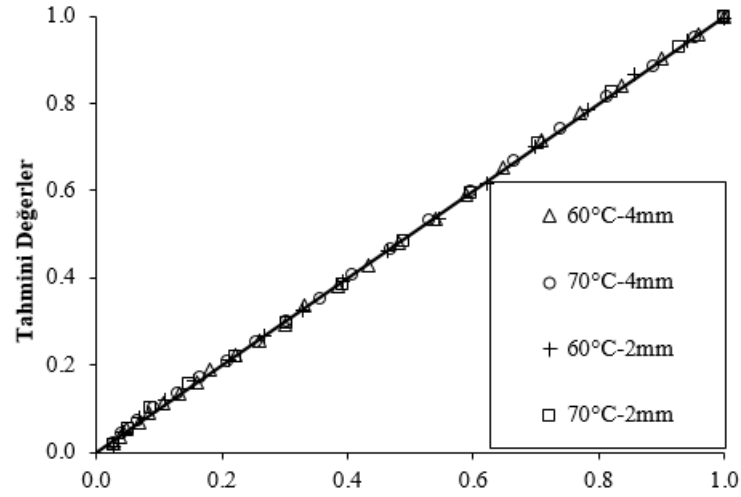
No	60°C-2mm			60°C-4mm			70°C-2mm			70°C-4mm						
	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model Katsayıları	R <sup>2</sup>	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1,105 k=0,01447	0,9580	0,0673	44,0763	a=1,099 k= 0,0103	0,9711	0,0538	29,2627	a=1,102 k=0,01945	0,9530	0,0737	52,2787	a=1,095 k=0,01299	0,9688	0,0563	32,0586
2	k=0,01303	0,9450	0,0770	58,2065	k=0,009341	0,9593	0,0638	41,0105	k=0,0176	0,942	0,0819	64,7831	k=0,01179	0,9575	0,0657	42,8698
3	k=0,001184 n=1,549	0,9957	0,0216	5,0965	k=0,001191 n=1,434	0,9964	0,0189	3,6269	k=0,001553 n=1,596	0,9969	0,0189	4,0438	k=0,00159 n=1,447	0,9962	0,0197	3,7924
4	a=1,887 k=0,005307 c=-0,8542	0,9970	0,0180	1,9692	a=1,488 k=0,005177 c=-0,4555	0,9976	0,0156	1,6471	a=1,959 k=0,006852 c=-0,9245	0,9953	0,0232	3,3019	a=1,628 k=0,005786 c=-0,5985	0,9984	0,0129	0,9902
5	a=38,99 k <sub>0</sub> =0,02798 b=-38,02 k <sub>1</sub> =0,02874	0,9910	0,0311	10,1314	a=20,18 k <sub>0</sub> =0,002531 b=-19,25 k <sub>1</sub> =0,002331	0,9798	0,0449	19,9318	a=91,79 k <sub>0</sub> =0,02737 b=-90,81 k <sub>1</sub> =0,02754	0,9509	0,0753	54,6818	a=41,25 k <sub>0</sub> =0,008155 b=-40,3 k <sub>1</sub> =0,008089	0,9356	0,0809	64,9603
6	a=0,00005121 k=254,4	0,9410	0,0797	62,3819	a=0,00006128 k=152,4	0,9574	0,0653	42,8921	a=0,000061 k=288,4	0,9361	0,0860	71,2852	a=0,0001817 k=64,91	0,9548	0,0678	45,6035
7	a=-0,008907 b=0,00001481	0,9965	0,0195	3,2122	a=-0,006705 b=0,00001034	0,9979	0,0144	1,8362	a=0,01192 b=0,00002551	0,9948	0,0246	5,2121	a=-0,008347 b=0,00001495	0,9981	0,0138	1,7742
8	a=-55,61 k=0,02794 b=0,9828	0,9914	0,0304	8,9727	a=-34,19 k=0,019 b=0,9748	0,9945	0,0236	5,4155	a=-49,9 k=0,03859 b=0,98	0,9920	0,0304	8,4565	a=-40,65 k= 0,02305 b= 0,9804	0,9930	0,0266	6,4838
9	a=-11,58 k=0,002034 g=0,002591 a=0,9966	0,9956	0,0218	4,0779	a=-3,921 k=0,001957 g=0,002961 a=0,9945	0,9965	0,0187	3,1718	a=-3,073 k=0,001526 g=0,00411 a=0,997	0,9935	0,0275	6,5590	a=-14,84 k=0,002435 g=0,002817 a=1,002	0,9973	0,0165	2,5818
10	k=0,002143 n=1,359 b=-0,0008472	0,9995	0,0071	0,4769	k=0,001981 n=1,29 b=-0,0004167	0,9994	0,0079	0,4501	k=0,00248 n=1,434 b=-0,0009213	0,9997	0,0055	0,3741	k=0,003076 n=1,249 b=-0,0007599	0,9997	0,0051	0,1537



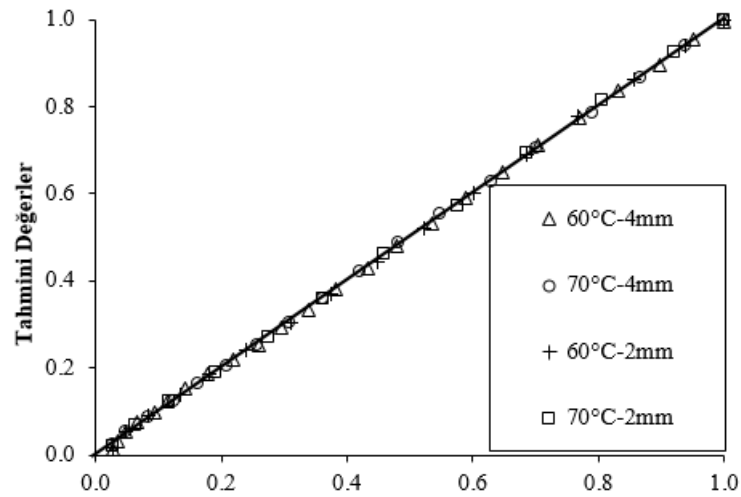
**Şekil 4.10.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin zamanla değişimi



a) Deneysel Değerler



b) Deneysel Değerler



c) Deneysel Değerler

**Şekil 4.11.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.2.4. Patates ürününün renk değişimi

Farklı kurutma koşullarında (60 ve 70 °C, 0, 20 ve 40 dakika ultrases ön işlem, 2 ve 4 mm kalınlık) kurutulan patates örneklerinin renk değişim değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Renk parametrelerinden biri olan  $L^*$  değeri ürünlerin parlaklığının ifadesi olarak değerlendirilmektedir (Lima-Corrêa ve ark. 2017). Çizelge 4.8 incelendiğinde patates ürününün  $L^*$  değerlerinin 72,564 ile 60,652 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, 60 °C’de kurutulan 0, 20 ve 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 4 mm kalınlığındaki patates örneklerinin  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ). En yüksek  $L^*$  değeri taze ve 70 °C’de kurutulan ultrases ön işlem görmemiş 4 mm kalınlığındaki patates örneklerinde bulunmuştur. Kurutma işleminden  $L^*$  değeri bakımından en fazla etkilenen 70 °C’de kurutulan ön işlem uygulanmamış 2 mm kalınlığındaki patates örnekleri olmuştur ( $p<0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde en düşük  $a^*$  değerinin taze patates ürününde olduğu gözlemlenmiştir. Kurutma koşullarının etkisiyle  $a^*$  değerlerinde artış tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). 60 ve 70 °C’de kurutulan 20 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 2 mm kalınlığındaki örneklerin  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Elde edilen sonuçlara göre,  $b^*$  değerlerinin kurutma şartlarının etkisiyle azaldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). En fazla kaybın 70 °C’de kurutulan 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 2 mm kalınlığındaki örneklerde, en az kaybın ise 70 °C’de kurutulan 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 4 mm kalınlığındaki örneklerde tespit edilmiştir. Ürünlerdeki  $b^*$  değerlerinin azalması, klorofilin bozulması ve kurutma sırasında enzimatik olmayan reaksiyonlarla açıklanabilir.  $C$  değeri renk miktarının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Izli ve Isik, 2015). En yüksek  $C$  değeri taze patates ürününde görülmüştür ( $p<0,05$ ). Patates ürününün kurutulmasıyla  $C$  değerinin düştüğü gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). Hue açısı ( $\alpha^\circ$ ) değerleri 81,620 ile 90,537 arasında değişirken,  $\Delta E$  değerleri ise 18,957 ile 31,877 arasında değişkenlik göstermiştir.

**Çizelge 4.8.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla (a) US0, b) US20 ve c) US40) ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin renk değerleri

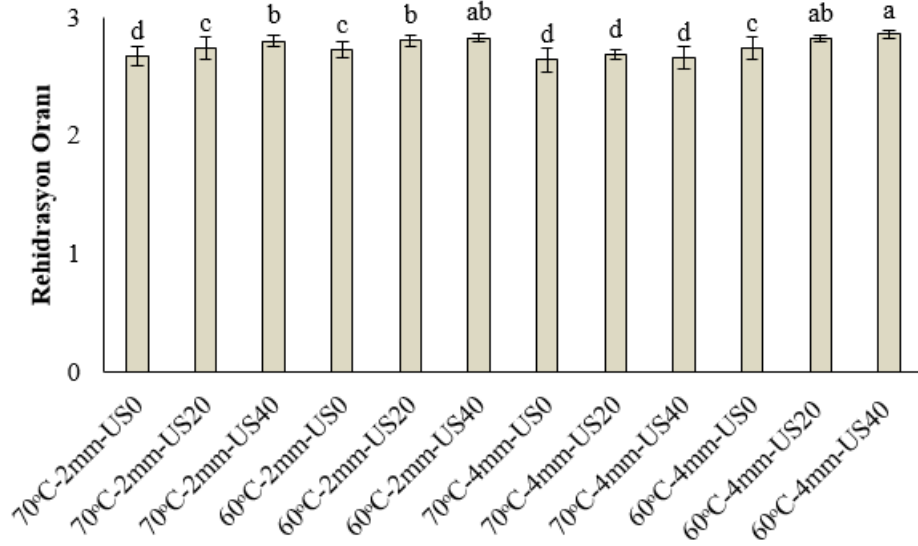
Kurutma Yöntemi	Renk Parametreleri					
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha^\circ$	$\Delta E$
Taze	72,564(0,323) <sup>a</sup>	-0,400 (0,14) <sup>a</sup>	39,368(0,181) <sup>a</sup>	39,370(0,181) <sup>a</sup>	90,537(0,019) <sup>a</sup>	-
US						
60°C-4mm	70,342(0,019) <sup>b</sup>	0,792(0,013) <sup>b</sup>	19,192(0,008) <sup>g</sup>	19,208(0,009) <sup>g</sup>	87,681(0,038) <sup>b</sup>	25,558(0,080) <sup>e</sup>
70°C-4mm	70,548(0,018) <sup>ab</sup>	2,750(0,012) <sup>i</sup>	23,724(0,015) <sup>d</sup>	23,883(0,016) <sup>d</sup>	83,430(0,028) <sup>f</sup>	21,575(0,013) <sup>g</sup>
60°C-2mm	62,816(0,466) <sup>g</sup>	1,604(0,024) <sup>ef</sup>	22,970(0,467) <sup>d</sup>	23,026(0,467) <sup>d</sup>	86,048(0,082) <sup>cd</sup>	22,467(0,413) <sup>fg</sup>
70°C-2mm	60,652(1,266) <sup>h</sup>	1,708(0,170) <sup>ef</sup>	20,262(0,761) <sup>f</sup>	20,334(0,771) <sup>f</sup>	85,233(0,318) <sup>de</sup>	25,953(1,384) <sup>de</sup>
US20						
60°C-4mm	69,318(0,842) <sup>bcd</sup>	1,540(0,042) <sup>e</sup>	24,938(0,273) <sup>c</sup>	24,986(0,273) <sup>c</sup>	86,510(0,096) <sup>c</sup>	20,001(0,216) <sup>h</sup>
70°C-4mm	70,056(0,325) <sup>b</sup>	0,924(0,009) <sup>bc</sup>	17,586(0,103) <sup>h</sup>	17,610(0,103) <sup>h</sup>	87,036(0,021) <sup>bc</sup>	27,137(0,075) <sup>cd</sup>
60°C-2mm	64,774(0,556) <sup>fg</sup>	2,466(0,055) <sup>h</sup>	16,656(0,318) <sup>hi</sup>	16,838(0,323) <sup>hi</sup>	81,620(0,056) <sup>g</sup>	28,410(0,358) <sup>bc</sup>
70°C-2mm	67,338(1,995) <sup>cde</sup>	2,388(0,224) <sup>h</sup>	16,228(0,884) <sup>ij</sup>	16,403(0,907) <sup>i</sup>	81,684(0,330) <sup>g</sup>	28,698(0,863) <sup>b</sup>
US40						
60°C-4mm	69,414(0,653) <sup>bc</sup>	1,006(0,054) <sup>cd</sup>	15,398(0,119) <sup>j</sup>	15,431(0,120) <sup>j</sup>	86,306(0,192) <sup>cd</sup>	29,273(0,083) <sup>b</sup>
70°C-4mm	70,414(1,043) <sup>b</sup>	1,748(0,093) <sup>f</sup>	26,194(0,257) <sup>b</sup>	26,252(0,261) <sup>b</sup>	86,227(0,173) <sup>cd</sup>	18,957(0,092) <sup>h</sup>
60°C-2mm	67,262(0,729) <sup>de</sup>	2,174(0,101) <sup>g</sup>	21,852(0,160) <sup>e</sup>	21,960(0,168) <sup>e</sup>	84,363(0,223) <sup>ef</sup>	23,107(0,159) <sup>f</sup>
70°C-2mm	65,582(0,854) <sup>ef</sup>	1,198(0,491) <sup>d</sup>	12,846(1,372) <sup>k</sup>	12,917(1,320) <sup>k</sup>	84,280(1,028) <sup>ef</sup>	31,877(1,465) <sup>a</sup>

Her bir renk parametresi sütunun istatistiği ayrı ayrı uygulanmıştır ve aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $p<0,05$ ).

#### 4.2.5. Patates ürününün rehidrasyon oranının değişimi

Ürün kalitesini belirleyen önemli kalite parametrelerinden birisi de rehidrasyon parametresidir (Sumnu ve ark. 2005). Rehidrasyon, kuruma işlemi boyunca ürünün etkilenme ölçütü olarak tanımlanabilir (Çalışkan ve Dirim 2017). Patatesin farklı kurutma koşullarına ait rehidrasyon değerleri Şekil 4.12’de verilmiştir. Rehidrasyon oranı değerleri 2,640 ile 2,856 arasında değişkenlik göstermiştir. İstatistiksel olarak en yüksek rehidrasyon oranı değerleri 60 °C’de kurutulan 20 ve 40 dakika ultrases ön işleminden geçmiş 4 mm kalınlığındaki örnekler ile 60 °C’de kurutulan 40 dakika ultrases ön işleminden geçmiş 2 mm kalınlığındaki örneklerde tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda 70 °C sıcaklıkta kurutulan 2 mm kalınlığındaki patates örneklerinin rehidrasyon oranı değerleri karşılaştırıldığında ultrases ön işleminin etkisi istatistiksel

olarak görülürken ( $p<0,05$ ), 70 °C sıcaklıkta kurutulan 4 mm kalınlığındaki patates örneklerinde ultrases ön işleminin etkisi istatistiksel olarak görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Bu durumun oluşmasındaki nedenin uygulanan ultrases ön işlemin hücre duvarlarının deforme etmesi ve kurutma işleminde suyun giderilmesiyle bağlantılı olan dokuların zarar görmesi neden olabileceği belirtilmiştir (Zhang ve ark. 2016).

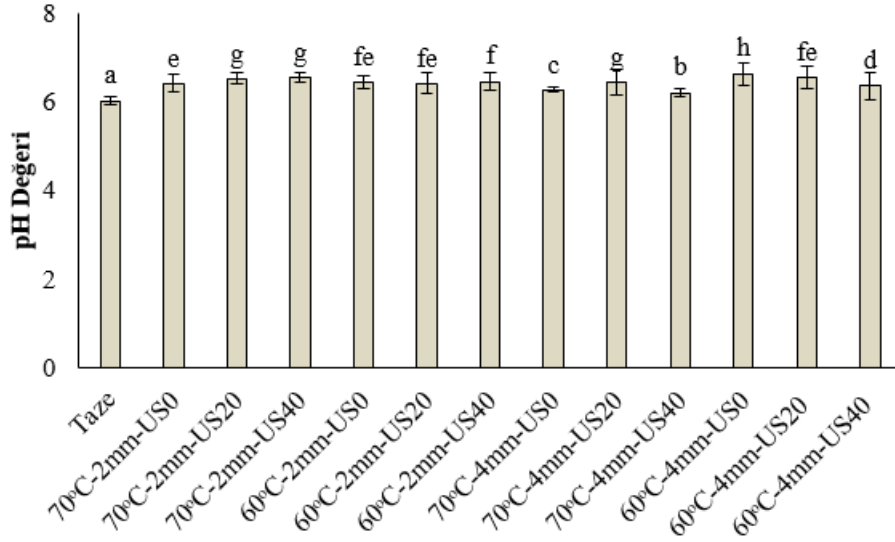


**Şekil 4.12.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin rehidrasyon oranı sonuçları

#### 4.2.6. Patates ürününün pH değişimi

Ürünler için pH değeri ile asitlik göstergesidir. PH değerinin artışı asiditenin azalması anlamına gelmektedir. Farklı sürelerde ön işlem uygulanan patates örneklerinin farklı sıcaklık ve dilim kalınlığında kurutulmasının sonucunda elde edilen pH değerleri Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, pH değerlerinin 6,020 ile 6,635 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, taze patates ürünü ile kurutulan ürünler arasında istatistiksel olarak bir fark belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Vega-Gálvez ve ark. (2009) kırmızı kapyra biberinin kurutulması ile meydana gelen pH değişimini incelemişler, pH değerlerinin kurutma işleminden sonra artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar yapılan tez çalışmasında da tespit edilmiştir. Ultrases ön işlemin etkisi incelendiğinde, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulan 4 mm kalınlığındaki tüm ultrases ön işlemi uygulanmış patates örneklerinin pH değerleri arasında istatistiki bir fark olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ).

Sonuç olarak, en yüksek pH değeri 60 °C’de kurutulan ultrases ön işlem uygulanmamış 4 mm kalınlığındaki patates örneklerinden elde edilmiştir.

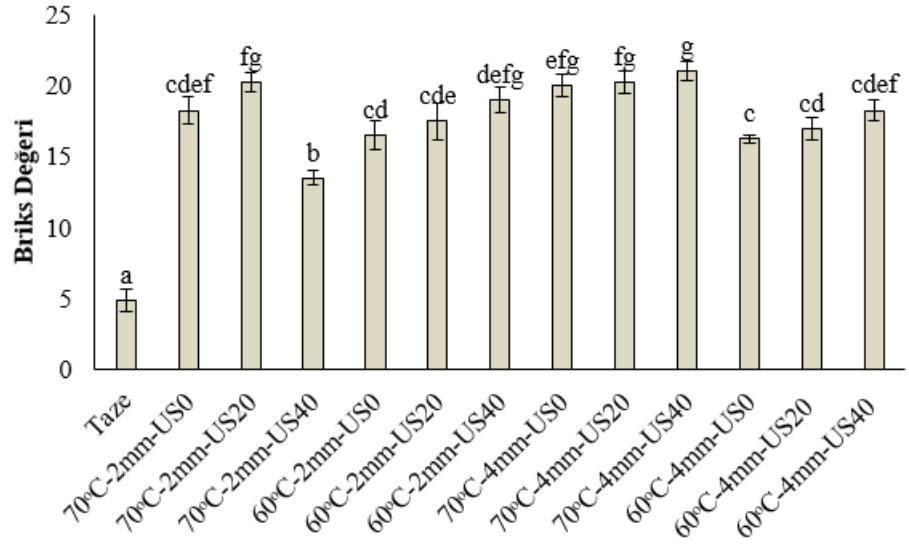


**Şekil 4.13.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulan patates örneklerinin pH değeri sonuçları

#### 4.2.7. Patates ürününün suda çözünür kuru madde (°Briks) değişimi

Taze ve farklı sürelerde ultrases ön işlem uygulanarak 60 ve 70 °C’de kurutulan 2 ve 4 mm kalınlığındaki patates örneklerinin °Briks değerleri Şekil 4.14’te verilmiştir. Şekil 4.14 incelendiğinde, °Briks değerlerinin 4,87 ile 21 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. Kurutulmamış taze patatesin °Briks değerinin en düşük olduğu ve kurutma işleminin etkisiyle °Briks değerlerinde artışın meydana geldiği tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Uslu (2015) kamkat kurutulması çalışmasında benzer sonuçlar elde etmiştir. Taze ürüne en yakın °Briks değeri 70 °C’de kurutulan 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 2 mm kalınlığındaki patates örneklerinde gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Literatürde yapılan çalışmada Gilsenan ve ark. (2010) organik ve geleneksel taze patatesin °Briks değerinin 4,1 ve 4,2 olarak belirtmişlerdir. Bu değer çalışmamızın sonucunda bulunan değerden daha düşük çıkmıştır. Bunun nedenin ise ürünün yetiştirme koşulları, çeşidi, genetik faktörler, hasat zamanı ve farklı toprak yapısına bağlı olabileceği bildirilmiştir (Polat ve ark. 2019).





**Şekil 4.14.** Farklı ultrases ön işlem uygulamalarıyla ve farklı kurutma koşullarında kurutulmuş patates örneklerinin °Briks değeri sonuçları

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada havuç ve patates örneklerinin kurutulmasında ultrases ön işleminin etkisi incelenmiştir. İki farklı dilim kalınlığındaki (2 ve 4 mm) havuç ve patates örnekleri 3 farklı sürede (0, 20 ve 40 dakika) ultrases ön işleminden geçirilerek iki farklı hava sıcaklığında (60 ve 70 °C) ve 1 m/s hava hızında modifiye edilmiş fırında kurutulmuşlardır. Kurutulan ürünlerden elde edilen deneysel veriler ile literatürde en çok kullanılan 10 farklı ince tabaka modeliyle tahmini olarak elde edilen nem oranı değerleri karşılaştırılmıştır. Deneysel verilerle en uygun sonucu veren kurutma modelleri ortaya konulmuştur. Ayrıca kurutulan ürünlerin renk, rehidrasyon, pH ve °Briks değerlerinin değişimleri incelenmiş ve kurutma koşullarının etkisi belirlenmiştir.

Ultrases ön işlemi uygulanmamış 60 °C’de kurutulan 4 mm kalınlığındaki havuç en uzun kurutma süresine sahip iken 40 dakikalık ultrases ön işleminin etkisiyle kuruma süresi % 7,69 oranında azalmıştır. Kuruma hızı sıcaklık arttıkça artış göstermiştir. Sonuçlar Midilli ve ark. modelinin, havuçların kurutma davranışını tanımlamak için en uygun model olduğunu göstermektedir. Havuç örneklerinin en düşük  $L^*$  değeri 70 °C sıcaklıkla kurutulan ultrases ön işleminden geçmemiş 4 mm kalınlığındaki örneklerde bulunmuştur. Ayrıca, havuç örneklerinin pH ve °Briks değerleri deneysel koşullara bağlı olarak sırasıyla 6,120 ile 6,705 ve 6,800 ile 68,700 arasında değişmiştir.

Patates örneklerini kuruma süreleri kurutma koşullarına bağlı olarak 110 ile 250 dakika arası değişkenlik göstermiştir. Patatesin dilim kalınlığı arttıkça kuruma hızında azalma tespit edilmiştir. İstatistiki hesaplamalar sonucunda Midilli ve ark modelinin en uygun model olduğu tespit edilmiştir. 70 °C’de kurutulan 40 dakika ultrases ön işlem uygulanmış 2 mm kalınlığındaki örnekler en yüksek toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Patatesin tüm kurutma koşullarında rehidrasyon oranı değerleri 2,640 ila 2,856 arasında değişmiştir. Ayrıca, taze patates örneklerine göre kurutulan patates örneklerinin pH ve °Briks değerlerinde artış tespit edilmiştir.

Bu çalışmada yüksek sıcaklığa hassasiyetinden dolayı kurutulmasında büyük sorunlar yaşanan ve besleyici değerlerinde önemli kayıplar ortaya çıkan havuç ve patates ürünlerinin ultrases ön işlemlili sıcak hava yöntemiyle kalite parametreleri incelenmiş ve kurutma endüstrisinde alternatif bir yöntem olabileceği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, E. M., Fernandes, I., Moldão, M., & Abreu, M. (2009).** Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. Nantes) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(1): 61-69.
- Anonim, 2019a.** Birleşmiş Milletler Genel Kurulu. Altmışınıcı oturum Gündem maddesi 52. 22 Aralık 2005 tarihinde Genel Kurul tarafından kabul edilen karar. 60/191. Patates Uluslararası Yılı, 2008. [http://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/60/191](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/60/191). (Erişim tarihi: 12.06.2019).
- Anonim, 2019b.** Food And Agricultural Organization of the United Nations. <http://www.fao.gov>. (Erişim tarihi: 12.07.2019).
- Anonim, 2019c.** Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 17.07.2019).
- Anonim, 2019d.** Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 19.07.2019).
- Arumuganathan, T., Manikantan, M. R., Rai, R. D., Anandakumar, S., Khare, V. 2009.** Mathematical modelling of drying kinetics of milky mushroom in a fluidized bed dryer. *International Agrophysics*, 23(1): 1-7.
- Azoubel, P. M., Baima, M. D. A. M., da Rocha Amorim, M., Oliveira, S. S. B. 2010.** Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 97(2): 194-198.
- Azoubel, P. M., da Rocha Amorim, M., Oliveira, S. S. B., Maciel, M. I. S., Rodrigues, J. D. 2015.** Improvement of water transport and carotenoid retention during drying of papaya by applying ultrasonic osmotic pretreatment. *Food Engineering Reviews*, 7(2): 185-192.
- Beals, K. A. 2019.** Potatoes, Nutrition and Health. *American Journal of Potato Research*, 96(2): 102-110.
- Bhattacharya, M., Srivastav, P. P., Mishra, H. N. 2015.** Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Science and Technology*, 52(4): 2013-2022.
- Caliskan, G., Dirim, S. N. 2017.** Drying characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices in convective and freeze dryer. *Heat and Mass Transfer*, 53(6): 2129-2141.
- Cao, X., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Zhong, Q., & Wang, Z. 2018.** Effects of ultrasonic pretreatments on quality, energy consumption and sterilization of barley grass in freeze drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40: 333-340.
- Chayjan, R. A., Parian, J. A., Esna-Ashari, M. 2011.** Modeling of moisture diffusivity, activation energy and specific energy consumption of high moisture corn in a fixed and fluidized bed convective dryer. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(1): 28-40.
- Ciurzyńska, A., Lenart, A. 2011.** Freeze-drying-application in food processing and biotechnology-a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(3): 165-171.
- Çakmak, R. Ş., Tekeoğlu, O., Bozkır, H., Ergün, A. R., Baysal, T. 2016.** Effects of electrical and sonication pretreatments on the drying rate and quality of mushrooms. *LWT-Food Science and Technology*, 69: 197-202.

- Da Silva, G. D., Barros, Z. M. P., de Medeiros, R. A. B., de Carvalho, C. B. O., Brandão, S. C. R., Azoubel, P. M. 2016.** Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. *LWT-Food Science and Technology*, 74: 114-119.
- Dadali, G. 2007.** Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Dehghannya, J., Bozorghi, S., Heshmati, M. K. 2018.** Low temperature hot air drying of potato cubes subjected to osmotic dehydration and intermittent microwave: drying kinetics, energy consumption and product quality indexes. *Heat and Mass Transfer*, 54(4): 929-954.
- Demiray, E., Seker, A., & Tulek, Y. (2017).** Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying. *Heat and Mass Transfer*, 53(5): 1817-1827.
- Demiray, E., Tulek, Y. 2014.** Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) slices in a convective hot air dryer. *Heat Mass Transfer*, 50(6): 779-786.
- Demiray, E., Tulek, Y. 2015.** Color degradation kinetics of carrot (*Daucus carota* L.) slices during hot air drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 800-805.
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., Gao Z. J., Xiao, H. W. 2019.** Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9): 1408-1432.
- Doymaz, İ. 2014.** Mathematical modeling of drying of tomato slices using infrared radiation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1): 389-396.
- Doymaz, İ. 2014.** Thin-layer drying of bay laurel leaves (*Laurus nobilis* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1): 449-456.
- Doymaz, İ. 2017.** Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices. *Heat and Mass Transfer*, 53(1): 25-35.
- Doymaz, İ., Özdemir, Ö. 2014.** Effect of air temperature, slice thickness and pretreatment on drying and rehydration of tomato. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(2): 558-564.
- Eltawil, M. A., Azam, M. M., Alghannam, A. O. 2018.** Solar PV powered mixed-mode tunnel dryer for drying potato chips. *Renewable Energy*, 116: 594-605.
- Er, F., Özcan, M. M. 2010.** Chemical compositional properties and mineral contents of some apple cultivars. *South-Western Journal of Horticulture Biology and Environment*, 1(2): 121-131.
- Erenturk, S., Erenturk, K. 2007.** Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for the drying process of carrot. *Journal of Food Engineering*, 78(3): 905-912.
- Evin, D. 2011.** Microwave drying and moisture diffusivity of white mulberry: Experimental and mathematical modeling. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 25(10): 2711-2718.
- Faal, S., Tavakoli, T., Ghobadian, B. 2015.** Mathematical modelling of thin layer hot air drying of apricot with combined heat and power dryer. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5): 2950-2957.
- Fijalkowska, A., Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., Witrowa-Rajchert, D. 2016.** Ultrasound as a pretreatment method to improve drying kinetics and sensory properties of dried apple. *Journal of Food Process Engineering*, 39(3): 256-265.

- Gilsenan, C., Burke, R. M., & Barry-Ryan, C. 2010.** A study of the physicochemical and sensory properties of organic and conventional potatoes (*Solanum tuberosum*) before and after baking. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(3): 475-481.
- Holland, B., McCance, R. A., Widdowson, E. M., Unwin, I. D., Buss, D. H. 1991.** Vegetables, herbs and spices: Fifth supplement to McCance and Widdowson's The Composition of Foods (Vol. 5). Royal Society of Chemistry.
- Horuz, E., Jaafar, H. J., Maskan, M. 2017.** Ultrasonication as pretreatment for drying of tomato slices in a hot air–microwave hybrid oven. *Drying technology*, 35(7): 849-859.
- Howkins, S. D. 1969.** Diffusion rates and the effect of ultrasound. *Ultrasonics*, 7(2): 129-130.
- Izli, N., Isik, E. 2015.** Color and microstructure properties of tomatoes dried by microwave, convective, and microwave-convective methods. *International Journal of Food Properties*, 18(2): 241-249.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Paniwnyk, L., Lelas, V. 2007.** Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81(1): 88-97.
- Jaya, S., Das, H. 2003.** A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology*, 21(7): 1215-1234.
- Kanter, M., Elkin, C. 2019.** Potato as a source of nutrition for physical performance. *American Journal of Potato Research*, 96(2): 201-205.
- Kaveh, M., Jahanbakhshi, A., Abbaspour-Gilandeh, Y., Taghinezhad, E., Moghimi, M. B. F. 2018.** The effect of ultrasound pre-treatment on quality, drying, and thermodynamic attributes of almond kernel under convective dryer using ANNs and ANFIS network. *Journal of Food Process Engineering*, 41(7): 1-14.
- Kaysoglu, S., Ertekin, C. 2011.** Vacuum drying kinetics of barbunya bean (*Phaseolus vulgaris* L. elipticus Mart.). *The Philippine Agricultural Scientist*, 94(3): 285-291.
- Kipcak, A. S. 2017.** Microwave drying kinetics of mussels (*Mytilus edulis*). *Research on Chemical Intermediates* 43(3): 1429-1445.
- Lima, K. S. C., Grossi, J. L., Lima, A. L., Alves, P. F., Coneglian, R. C., Godoy, R. L., Sabaa-Srur, A. U. 2001.** Effect of the gamma ionizing irradiation on after crop quality of Cv." Nantes" carrots (*Daucus carota* L.). *Food Science and Technology*, 21(2), 202-208.
- Lima-Corrêa, R. D. A. B., dos Santos Andrade, M., Freire, J. T., do Carmo Ferreira, M. 2017.** Thin-layer and vibrofluidized drying of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.): analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 7: 54-63.
- Martín-Gómez, J., Ángeles Varo, M., Merida, J., Serratosa, M. P. 2019.** The influence of berry perforation on grape drying kinetics and total phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 99: 4260–4266.
- Meisami-Asl, E., Rafiee, S., Keyhani, A., Tabatabaeefar, A. 2009.** Mathematical modeling of moisture content of apple slices (var. Golab) during drying. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(6): 804-809.
- Meisami-Asl, E., Rafiee, S., Keyhani, A., Tabatabaeefar, A. 2010.** Determination of suitable thin layer drying curve model for apple slices (variety-Golab). *Plant Omics*, 3(3): 103.
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. 2002.** A new model for single-layer drying. *Drying Technology* 20(7): 1503-1513.

- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M. H., Sopian, K. 2012.** Review of solid/liquid desiccant in the drying applications and its regeneration methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7): 4686-4707.
- Morgan, C. A., Herman, N., White, P. A., Vesey, G. 2006.** Preservation of microorganisms by drying; a review. *Journal of Microbiological Methods*, 66(2): 183-193.
- Mota, C. L., Luciano, C., Dias, A., Barroca, M. J., Guiné, R. P. F. 2010.** Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2): 115-123.
- Mothibe, K. J., Zhang, M., Nsor-atindana, J., Wang, Y. C. 2011.** Use of ultrasound pretreatment in drying of fruits: drying rates, quality attributes, and shelf life extension. *Drying Technology*, 29(14): 1611-1621.
- Mujumdar, A. S., Law, C. L. 2010.** Drying technology: Trends and applications in postharvest processing. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6): 843-852.
- Murthy, T. P. K., Manohar, B. 2014.** Hot air drying characteristics of mango ginger: Prediction of drying kinetics by mathematical modelling and artificial neural network. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12): 3712-3721.
- Nowacka, M., Wiktor, A., Śledź, M., Jurek, N., Witrowa-Rajchert, D. 2012.** Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113(3): 427-433.
- Oliveira, F. I., Gallão, M. I., Rodrigues, S., Fernandes, F. A. N. 2011.** Dehydration of malay apple (*Syzygium malaccense* L.) using ultrasound as pre-treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4): 610-615.
- Oliveira, S. M., Brandão, T. R., Silva, C. L. 2016.** Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: A review. *Food Engineering Reviews*, 8(2): 134-163.
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., Abdan, K. 2016.** Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3): 599-618.
- Ozturk, B., Celik, S. M., Karakaya, M., Karakaya, O., Islam, A., Yarilgac, T. 2017.** Storage temperature affects phenolic content, antioxidant activity and fruit quality parameters of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1): 1-10.
- Pereira, R. N., Vicente, A. A. 2010.** Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Research International*, 43(7): 1936-1943.
- Pirasteh, G., Saidur, R., Rahman, S. M. A., Rahim, N. A. 2014.** A review on development of solar drying applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31: 133-148.
- Polat, A., Taskin, O., Izli, N., Asik, B. B. 2019.** Continuous and intermittent microwave-vacuum drying of apple: Drying kinetics, protein, mineral content, and color. *Journal of Food Process Engineering*, 42(3): 1-7.
- Purkayastha, M. D., Nath, A., Deka, B. C., Mahanta, C. L. 2013.** Thin layer drying of tomato slices. *Journal of Food Science and Technology*, 50(4): 642-653.
- Ricce, C., Rojas, M. L., Miano, A. C., Siche, R., Augusto, P. E. D. 2016.** Ultrasound pre-treatment enhances the carrot drying and rehydration. *Food Research International*, 89: 701-708.
- Rubatzky, V. E., Quiros, C. F., Simon, P. W. 1999.** Carrots and related vegetable *Umbelliferae*, New York : CABI Pub, Wallingford, Oxon, UK.

- Sagar, V. R., Kumar, P. S. 2010.** Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1): 15-26.
- Sajas, J. F., Gorbatow, W. M. 1978.** The use of ultrasonics in meat technology. *Fleischwirtschaft* (Germany, FR).
- Saxena, J., Dash, K. K. 2015.** Drying kinetics and moisture diffusivity study of ripe Jackfruit. *International Food Research Journal*, 22(1): 414-420.
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., Mocanu, G. D. 2016.** Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry*, 195: 104-109.
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., Attri, S. 2012.** Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1): 22-32.
- Siebert, T., Gall, V., Karbstein, H. P., Gaukel, V. 2018.** Serial combination drying processes: A measure to improve quality of dried carrot disks and to reduce drying time. *Drying Technology*, 36(13): 1578-1591.
- Singh, A., Orsat, V., & Raghavan, V. 2012.** A comprehensive review on electrohydrodynamic drying and high-voltage electric field in the context of food and bioprocessing. *Drying Technology*, 30(16): 1812-1820.
- Sonmete, M. H., Mengeş, H. O., Ertekin, C., Özcan, M. M. 2017.** Mathematical modeling of thin layer drying of carrot slices by forced convection. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2): 629-638.
- Sra, S. K., Sandhu, K. S., Ahluwalia, P. 2011.** Effect of processing parameters on physico-chemical and culinary quality of dried carrot slices. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2): 159-166.
- Sumnu, G., Turabi, E., Oztop, M. 2005.** Drying of carrots in microwave and halogen lamp–microwave combination ovens. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5): 549-553.
- Sunjka, P. S., Orsat, V., Raghavan, G. S. V. 2008.** Microwave/vacuum drying of cranberries (*Vaccinium macrocarpon*). *American Journal of Food Technology* 3(2): 100-108.
- Taşkın, O., İzli, G., İzli, N. 2018.** Convective drying kinetics and quality parameters of european cranberrybush. *Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences*, 24(3): 349-358.
- Tian, Y., Zhao, Y., Huang, J., Zeng, H., Zheng, B. 2016.** Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. *Food Chemistry*, 197: 714-722.
- Tüfekçi, S., Özkal, S. G. 2015.** Gıdaların kurutulmasında ultrases kullanımı. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(9): 408-413.
- Uslu, Ü.H. 2015.** Kamkat meyvesinin ultrases (Ultrason) destekli kurutulması ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Vargas, M., Chiralt, A., Albors, A., González-Martínez, C. 2009.** Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2): 263-271.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., Perez-Won, M. 2009.** Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4): 647-653.

- Vega-Gálvez, A., Puente-Díaz, L., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., Torres, M. J. 2014.** Mathematical modeling of thin-layer drying kinetics of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(2): 728-736.
- Wijesinha-Bettoni, R., Mouillé, B. 2019.** The Contribution of Potatoes to Global Food Security, Nutrition and Healthy Diets. *American Journal of Potato Research*, 96(2): 139-149.
- Yadav, A. K., Singh, S. V. 2014.** Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9): 1654-1673.
- Yang, F., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Zhong, Q., Wang, Z. 2018.** Enhancing drying efficiency and product quality using advanced pretreatments and analytical tools—An overview. *Drying Technology*, 36(15): 1824-1838.
- Zaheer, K., Akhtar, M. H. 2016.** Potato production, usage, and nutrition—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(5), 711-721.
- Zhang, Z., Liu, Z., Liu, C., Li, D., Jiang, N., Liu, C. 2016.** Effects of ultrasound pretreatment on drying kinetics and quality parameters of button mushroom slices. *Drying Technology*, 34(15): 1791-1800.
- Zhao, Y., Wang, W., Xie, J., Zheng, B., Miao, S., Lo, Y. M., Zheng, Y., Zhuang, W., Tian, Y. 2017.** Microwave vacuum drying of lotus seeds: Effect of a single-stage tempering treatment on drying characteristics, moisture distribution, and product quality. *Drying Technology*, 35(13): 1561-1570.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet POLAT  
Doğum Yeri ve Tarihi : Diyarbakır/ 13.01.1989  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Dede Korkut Anadolu Lisesi  
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda  
Mühendisliği  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem  
Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Bursa Uludağ Üniversitesi

İletişim (e-posta) : [ahmetpolat@uludag.edu.tr](mailto:ahmetpolat@uludag.edu.tr)

## ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

## TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Ahmet POLAT
Tez Adı	HAVUÇ VE PATATESİN KURUTULMASINDA ULTRASES ÖNİŞLEM UYGULAMASININ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ
Enstitü	BUÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyosistem Mühendisliği
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Nazmi İZLİ
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin Veriyorum

Hazırlamış olduğum tezin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 09.09.2019

İmza : 