



**KURUTULMUŞ DOMATESLERİN ULTRASONİK REHİDRASYON  
KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU**

**İSA HAZAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Doç. Dr. Ashhan DEMİRDÖVEN  
2019**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURUTULMUŞ DOMATESLERİN ULTRASONİK REHİDRASYON  
KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

İSA HAZAR

TOKAT  
Ağustos - 2019

Her hakkı saklıdır

**İsa HAZAR** tarafından hazırlanan “**Kurutulmuş Domateslerin Ultrasonik Rehidrasyon Koşullarının Optimizasyonu**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 1 Ağustos 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği /~~Oy Çokluğu~~ ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

Üye  
Doç. Dr. Şeniz KARABIYIKLI  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Levent ŞEN  
Giresun Üniversitesi

ONAY

.....  
Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



İsa HAZAR  
1 Ağustos 2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### KURUTULMUŞ DOMATESLERİN ULTRASONİK REHİDRASYON KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

İSA HAZAR

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

Tez kapsamında; kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimizasyonu ile belirlenen optimum noktalarda yapılan rehidrasyon işleminin geleneksel rehidrasyon uygulamaları ile kıyaslanmasının yanında kurutulmuş ürünler için önemli olan bazı kalite özelliklerine olan etkilerin araştırılması amaçlanmıştır. Rehidrasyon koşulları Cevap Yüzey Yöntemi (RSM) kullanılarak optimize edilmiştir. Kurutulmuş domateslerin optimizasyon işleminde rehidrasyon kapasitesi, renk  $a^*$  (kırmızılık) değeri ve doku değeri (bağımlı değişken) yanıt olarak seçilmiştir. Ultrasonik (37 kHz) rehidrasyon işlemi üç farklı sıcaklık (20, 60, 80 °C), süre (2, 31, 60 dk) ve su oranında (1/50, 1/75, 1/100 g/su g) gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucunda iki optimum nokta, ayrıca literatür verilerine dayalı üç rehidrasyon koşulu belirlenmiştir. Optimum noktalar ile literatürden seçilen koşullar ultrasonik ve geleneksel yolla rehidre edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ultrason uygulamasının örneklerin rehidrasyon kapasitesini önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin renk değerleri incelendiğinde en parlak ( $L^*=24,66$ ) ve en kırmızı ( $a^*=13,67$ ) renk değerini veren örneklerin optimum noktalarda yapılan üretimlerle elde edildiği saptanmıştır. Sonuç olarak, ultrason uygulamasının örneklerin doku, pH ve su aktivitesi değerlerini olumlu yönde etkilediği, likopen değerinde ise kayıplara neden olduğu belirlenmiştir. Elde edilen optimum noktalarda yapılan ultrason uygulamasının toplam kuru madde değerini azalttığı görülmüştür. Bu sonuçlar, ultrason uygulamasının rehidrasyon kapasitesi amacıyla kullanılabilmesinin kanıtı olarak görülmektedir. Ayrıca ultrason uygulanarak rehidre edilen kurutulmuş domateslerin, rehidrasyon kapasitelerinin ve kırmızılık ( $a^*$ ) değerlerinin yüksek ve dokusal değerler bakımından ise daha yumuşak olduğu belirlenmiştir.

2019, 88 sayfa

**ANAHTAR KELİMELELER:** Kurutulmuş domates, Ultrasonik rehidrasyon, Geleneksel rehidrasyon, Optimizasyon.

## **ABSTRACT**

### **MASTER THESIS**

#### **OPTIMIZATION of ULTRASONIC REHYDRATION CONDITIONS of DRIED TOMATOES**

**İSA HAZAR**

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING**

**SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN**

The aim of the study is to compare the ultrasonic rehydration process which was applied at the optimum points that were determined by optimization of the ultrasonic rehydration conditions with the traditional rehydration methods of dried tomatoes; and additionally to investigate its effects on some quality properties which are important for dried products. Rehydration conditions were optimized using the Response Surface Method (RSM). In the optimization of dried tomatoes, rehydration capacity, color  $a^*$  (redness) value and tissue value (dependent variable) were selected in response. Ultrasonic (37 kHz) rehydration was performed at three different temperatures (20, 60, 80°C), time (2, 31, 60 min) and water ratio (1/50, 1/75, 1/100 g/water g). As a result of optimization, two optimum points and three rehydration conditions based on literature data were determined. The optimum points and the conditions selected from the literature were rehydrated by ultrasonic and conventional methods and the results were compared. It was determined that ultrasound application significantly increased the rehydration capacity of the samples. In addition, when the color values of the samples were examined, it was found that the samples giving the brightest ( $L^*=24.66$ ) and the most red ( $a^*=13.67$ ) color values were obtained by the production at optimum points. As a result, it was determined that ultrasound application positively affected the tissue, pH and water activity values of the samples, but caused lycopene value losses. It was observed that the application of ultrasonic at the optimum points decreased the total dry matter value. These results are seen as proof that ultrasound can be used for rehydration capacity. In addition, it was determined that the rehydration capacity and redness ( $a^*$ ) values of the dried tomatoes rehydrated by ultrasound were higher, while the textural values were softer.

2019, 88 pages

**KEY WORDS:** Dried tomatoes, Ultrasonic rehydration, Traditional rehydration, Optimization.

## İTHAF SAYFASI

Bu çalışmada bana çalışmanın başından itibaren her aşamasında yardımcı olan ve beni her zaman motive eden çok değerli hocam sayın Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yine Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde görevli bütün hocalarıma ve laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan araştırma görevlisi hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmam boyunca bana desteklerini hiç esirgemeyen başta eşim olmak üzere değerli aileme teşekkürü bir borç biliyorum. Bu çalışmamı, ailemize yeni katılan canım kızıma ithaf ediyorum.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
İÇİNDEKİLER .....	iv
<b>SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL BİLGİLER</b> .....	<b>3</b>
2.1. Domates .....	3
2.1.1. Genel bilgiler .....	3
2.2. Gıdaların Kurutulması .....	5
2.3. Kurutmada Meydana Gelen Başlıca Değişimler .....	5
2.3.1. Fiziksel değişimle .....	5
2.3.2. Kimyasal ve diğer değişimler .....	10
2.4. Ultrason .....	12
2.4.1. Genel bilgiler .....	12
2.4.2. Ultrases etki mekanizması ve bileşenleri .....	13
2.4.3. Gıda işletmede ultrason kullanımı .....	15
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>19</b>
3.1. Materyal .....	19
3.1.1. Kullanılan cihazlar .....	19
3.2. Yöntem .....	19
3.2.1. Rehidrasyon koşullarının optimizasyonu .....	20



## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.2. Analiz yöntemleri .....	21
3.2.2.1. Rehidrasyon kapasitesi .....	21
3.2.2.2. Likopen miktarı .....	21
3.2.2.3. Su aktivitesi .....	22
3.2.2.4. Renk .....	22
3.2.2.5. Doku .....	23
3.2.2.6. Toplam kuru madde .....	23
3.2.2.7. pH .....	23
3.2.2.8. Suda çözünür kuru madde .....	23
3.2.2.9. İstatistiksel değerlendirme .....	23
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>25</b>
4.1. Hammaddeye Ait Fizikokimyasal Özellikler .....	25
4.2. Optimizasyon .....	25
4.2.1. Cevap seviyeleri ve model uyumu .....	25
4.3. Ultrasonik Rehidrasyon ve Geleneksel Rehidrasyon Uygulamaları .....	37
4.3.1. Rehidrasyon kapasitelerinin belirlenmesi .....	37
4.3.2. Renk .....	39
4.3.3. Doku .....	42
4.3.4. pH değerleri .....	43
4.3.5. Toplam kuru madde .....	44
4.3.6. Suda çözünür kuru madde .....	45
4.3.7. Su aktivitesi .....	46
4.3.8. Likopen .....	47
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>49</b>

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>52</b>
<b>7. EKLER</b> .....	<b>56</b>
EKLER DİZİNİ .....	<b>57</b>
EK A. İstatistiksel değerlendirme sonuçları .....	<b>57</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>74</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
$\Delta E$	Toplam renk farkı
$\Delta C$	Renk yoğunluğu–doygunluk-kroma
$a^*$	Renk değeri: (+a) kırmızı, (-a) yeşil
$a_{ref}^*$	Referans değer
A	Absorbans farkı
$Abs_{503}$	Spektrofotometrede 503 nm dalga boyunda okunan değer.
$Abs_{472}$	Spektrofotometrede 472 nm dalga boyunda okunan değer.
$b^*$	Renk değeri: (+b) sarı, (-b) mavi
$b_{ref}^*$	Referans değer
F	İstatistiksel önem faktörü
H	Nem içeriği
$H^\circ$	Hue değeri
kHz	Kilohertz
$L^*$	Renk parlaklığı: 0= siyah, 100= beyaz
$L_{ref}^*$	Referans değer
$\mu g$	Mikrogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
nm	Nanometre
v/v	Hacim/hacim
v/w	Hacim/ağırlık
w/v	Ağırlık/hacim
$W_1$	Rehidrasyon işlemi öncesi örnek ağırlığı
$W_2$	Rehidrasyon işlemi sonrası örnek ağırlığı
°	Derece

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
Adeq-precision	Yeterli kesinlik
Adj-R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş regresyon katsayısı
ANOVA	Varyans analizi
CV	Değişim (varyasyon) katsayısı
dk	Dakika
FAO	Food Agricultural Organization
G	Geleneksel
g	Gram
Lack of fit	Modelin matematiksel forma uygunluğu
Pre-R <sup>2</sup>	Tahminlenmiş çoklu regresyon katsayısı
PRESS	Tahminlenmiş hata kareler toplamı
R <sup>2</sup>	Regresyon katsayısı
RC	Rehidrasyon kapasitesi
RSM	Cevap yüzey yöntemi
s	Saniye
SÇKM	Suda çözümlü kuru madde
U	Ultrasonik

## ŞEKİL LİSTESİ

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 1.1 Yıllara göre Türkiye domates üretimi.....	2
Şekil 2.1. Güneş altında kurutulan domates sergisi .....	4
Şekil 2.2. Sesin bir ortam boyunca hareketi .....	12
Şekil 2.3. Ses frekanslarının dağılımı.....	13
Şekil 2.4. Ultrasonik kavitasyon .....	13
Şekil 2.5. Ultrasonik banyo.....	14
Şekil 4.1. Optimizasyon aşamasında rehidrasyon kapasitesi, renk a*ve doku değerlerinin seçilmesiyle oluşturulan 3D yanıt yüzey grafikleri.....	32
Şekil 4.2. Optimizasyon aşamasında rehidrasyon kapasitesi ve renk a* değerinin maksimum, doku değerlerinin ise minimum seçildiği 3D yanıt yüzey grafikleri .....	34
Şekil 4.3. Rehidre edilmiş kuru domateslere ait renk değerleri (L*, a*, b*).....	40
Şekil 4.4. Rehidre edilmiş kuru domateslere ait $\Delta E$ - $\Delta C$ değerleri.....	41
Şekil 4.5. Rehidre edilmiş kuru domateslere ait doku değerleri .....	42
Şekil 4.6. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait pH değerleri .....	43
Şekil 4.7. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait toplam kuru madde değerleri .....	44
Şekil 4.8. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait suda çözünür kuru madde değerleri.....	45
Şekil 4.9. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait su aktivitesi değerleri .....	46
Şekil 4.10. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait likopen değerleri.....	47

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Yıllara göre dünya domates üretimi (1000 ton) .....	1
Çizelge 1.2. Yıllara göre Türkiye domates üretimi (1000 ton).....	2
Çizelge 2.1. Ultrasonun gıda işlemede kullanımı. ....	15
Çizelge 3.1. Ultrasonik rehidrasyon bağımsız değişkenleri ve seviyeleri.....	20
Çizelge 3.2. Box-Behnken deneme planı .....	20
Çizelge 4.1. Hammaddeye ait fizikokimyasal özellikler .....	25
Çizelge 4.2. Box-Behnken deneme deseni deneysel yanıt değerleri.....	26
Çizelge 4.3. Rehidrasyon Kapasitesi ANOVA Çizelgesi .....	27
Çizelge 4.4. Renk a* ANOVA Çizelgesi.....	29
Çizelge 4.5. Doku değeri ANOVA Çizelgesi .....	30
Çizelge 4.6. Belirlenen optimum noktadaki değerleri.....	31
Çizelge 4.7. Çalışılan rehidrasyon koşulları ve bulunan değerler.....	37
Çizelge 4.8.. Çalışılan rehidrasyon noktalarındaki hue açısı değerleri .....	41

## 1. GİRİŞ

Gıdaların kurutulması ilk çağlardan itibaren insanoğlunun başvurduğu en eski ve en kolay dayandırma yöntemidir. Bu yöntem ile gıdaların su içeriği düşürülerek mikrobiyolojik olarak dayanımının artırılmasının yanında ürünlerin besin öğeleri açısından zenginleştirilmesi de sağlanır. Bu nedenle gıda araştırmalarında kurutulmuş ürünler birçok çalışmaya konu olmaktadır.

Kurutulmuş ürünlerin kalitesi üzerine etki eden birçok parametre bulunmakta olup bunlardan en önemlisi rehidrasyon yeteneğidir. Rehidrasyon oranının, kurutulmuş ürünlerde yüksek olması istenmekte ve bu orandan yola çıkılarak kurutulmuş ürünlerin kalitesi ve kurutma koşulları hakkında çıkarımlar yapılabilmektedir.

Domates, insan benlenmesi açısından önemi nedeniyle dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan tarım ürünleri arasında yer almakta olup gıda sanayinde salça, ketçap, konserve gibi çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. FAO 2016 yılı verilerine göre dünya domates üretimi 177 042 359 metrik tondur. Türkiye 2018 yılında TÜİK verilerine göre yaklaşık 12 150 000 metrik ton domates üretmiştir. Dünyadaki önemli domates üreticileri sırasıyla Çin, Amerika, Hindistan, Türkiye ve Mısır'dır (Anonim, 2018).

Çizelge 1.1. Yıllara göre dünya domates üretimi (Anonim, 2019a)

Yılı	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Üretim (1000 ton)	158 231	161 792	163 719	170 751	174 122	177 042

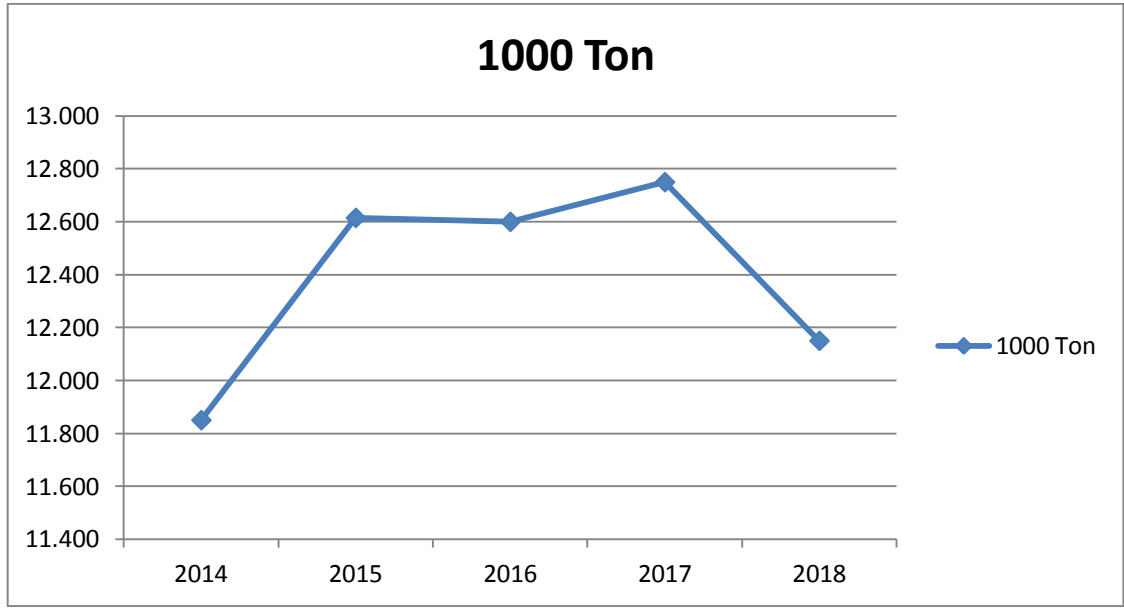
2016 yılı verilerine göre Türkiye domates ekim alanları içerisinde %11.1'lik oran ile Antalya (201 bin da) ilk sırayı alırken, bunu sırasıyla Bursa (190 bin da) ve Manisa (134 bin da) takip etmiştir. Türkiye'deki domates ekim alanları 2016 yılında 2012 yılına göre %5 oranında gerileyerek 177 bin ha olurken, 2017 yılında yaklaşık 178 bin ha olarak belirlenmiştir (Anonim, 2018).

Ülkemizde domates üretimi için en uygun bölge şüphesiz ki iklim şartları ve seracılık nedeniyle Akdeniz Bölgesi'dir. Buna uygun olarak 2016 yılında en çok domates üretimi yaklaşık 2.5 milyon ton ile Antalya'da olurken, bunu sırasıyla Bursa (1.6 milyon ton) ve

Manisa (975 bin ton) izlemiştir. 2016 yılında domates üretimimiz 2012 yılına göre artarak (%11.1) 12.6 milyon ton olurken bu rakam 2017 yılında 12.8 milyon tona çıkmıştır (Anonim, 2018).

Çizelge 1.2. Yıllara göre Türkiye domates üretimi (Anonim, 2019b)

Yılı	2014	2015	2016	2017	2018
Üretim (1000 ton)	11 850	12 615	12 600	12 750	12 150



Şekil 1.1. Yıllara göre Türkiye domates üretimi (Anonim, 2019b)

Son yıllarda gıda işlemede önemli bir konu haline gelen ultrason uygulamasının meyve ve sebzelerin kurutulmasında ön işlem olarak kullanılması sonucunda kurutma hızı üzerine olumlu etkilerinin olduğu literatürde yer almaktadır. Ancak ultrason uygulamasının kurutulmuş domateslerin rehidrasyonundaki etkilerini konu alan bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Tez kapsamında; kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimizasyonu ile belirlenen optimum noktalarda yapılan rehidrasyon işleminin geleneksel rehidrasyon uygulamaları ile kıyaslanmasının yanında kurutulmuş ürünler için önemli olan bazı kalite özelliklerine olan etkinin araştırılması amaçlanmıştır.



## 2. KURAMSAL BİLGİLER

### 2.1. Domates

#### 2.1.1. Genel bilgiler

Domates (*Solanum lycopersicum L.*), *Solanaceae* familyasında yer alan önemli bir meyve olup, dünya meyve üretimi içerisinde en büyük paya sahiptir. Domates mineral, şeker, vitamin, diyet lifi ve amino asit bakımından zengin olup özellikle vitamin B, vitamin C, fosfor ve demir içeriği açısından önemlidir. Domates içerdiği yüksek su oranı nedeniyle kolayca bozulmaktadır. Bu nedenle hasattan sonra ya hemen tüketilmelidir ya da daha sonra kullanılmak üzere korunmalıdır (Chawla ve ark., 2008).

Ülkemizde üretilen domateslerin %30'u sanayi hammaddesi olarak işlenmekte, diğerleri ise taze olarak tüketilmekte veya ihraç edilmektedir. İşlenen domatesler en çok salçalık (%80), daha sonra konserve domateslik (%15) kalan kısımda kurutmalık, ketçaplık vb olarak değerlendirilmektedir (Keskin, 2010).

Üretimin yoğun olduğu dönemlerde domateslerin işlenerek değerlendirilmesi zorunludur. Özellikle olgun domatesin hasat edildikten sonra uzun süre depolanamadığı bilinmektedir. Ülkemiz koşullarına bakıldığında domatesi salça, ketçap, domates konservesi gibi ürünlere işleyerek saklamak mümkün. Son yıllarda bu yöntemlere ticari yapay kurutulmuş veya güneşte doğal kurutulmuş domatesler de dâhil edilerek ciddi bir ihraç ürünü haline gelmiştir (Ergun ve Sürmeli, 1994).

Türkiye'de, kurutulmuş domates üretimi ilk olarak 1980'lerde çok küçük araziler üzerinde başlamıştır. Fakat günümüzde kurutulmuş domateslerin neredeyse tamamı gelişen pazar imkânları sayesinde dünyanın birçok noktasına ihraç edilmektedir (Düzyaman ve Duman, 2003). İhraç edilen ülkelerin başında Rusya Federasyonu gelmekte olup bu ülkeleri sırasıyla çoğunluğunu Avrupa ülkelerinin oluşturduğu Romanya, Ukrayna, Bulgaristan gibi ülkeler takip etmektedir (Anonim, 2015).

Ülkemizde kurutulmuş domates üretimi neredeyse tamamı güneşte kurularak üretilmektedir. Kurutma işlerini yapan firmalar, topladıkları lekesiz, orta boy, kırmızı domatesleri genellikle ayıklama, kesme, sınıflama, tuzlama gibi işlemleri uyguladıktan

sonra sergilere sererek güneşte kurutmaktadırlar. Sergi yerlerinin etrafı örtü malzemeleriyle kapatılarak çöp, toz vb. girmesi engellenir (Vural ve ark., 2000).



Şekil 1.1. Güneş altında kurutulan domates sergisi

Günümüz pazarı bize, düşük su aktivitesinden dolayı artan dayanıklılığı, besleyici ve organoleptik özelliklerle birleştiren orta nemli ürünlere olan ilginin arttığını göstermektedir. Bu şekilde kurutulmuş domatesler insanlar için temel besin maddesi veya taze domatesin yerine çeşni olarak veya mevsimlik olarak tercih edilmektedir (Muratore ve ark., 2008).

Kurutulmuş ürünler, tüketilmeye hazır gıdalar olarak da ifade edilmektedir ve taze gıdalara göre depolama, taşıma, hazırlama ve kullanım aşamalarında birçok avantaj sağlarlar. Bazı kuru ürünler, tüketim öncesinde rehidre edilerek tüketilebilmektedir. Böylelikle kuru ürünün tekrar su alma kabiliyetine bakılarak, kurutmanın kalitesi üzerine de yorum yapılabilir. Rehidre edilen ürünün kalite özellikleri, uygulanan kurutma koşullarından ve rehidrasyon prosesinden etkilenir. Kurutma işlemi boyunca dokusal değişiklikler, çözünür madde taşınımı, uçucu madde kaybı gibi fizikokimyasal değişiklikler tersinmez bir oluşumla meydana gelir. Bu da nihai ürünün kalitesi üzerinde belirleyici rol oynar. Rehidrasyon oranı, kuru ürünün önemli bir kalite parametresidir. Kurutma ve rehidrasyon şartları, en uygun rehidrasyon özelliklerini elde edebilmek için optimize edilmeye ihtiyaç duyar (Kervancı, 2015).

## 2.2. Gıdaların Kurutulması

Meyve ve sebzeler içerdikleri yüksek su oranı nedeniyle mikrobiyolojik ve kimyasal yönden bozulmaya elverişli gıdalardır. Bu ürünlerin dayanma sürelerini arttırmak amacıyla; kurutma, soğukta muhafaza, dondurma, koruyucu madde ilavesi gibi çeşitli muhafaza teknikleri kullanılarak bozulmaya neden olan reaksiyonların hızı en aza indirilerek kalitenin korunması sağlanır (Topdaş ve ark., 2011).

Kurutma, gıdalarda kullanılan en eski dayandırma yöntemlerinden biridir. Gıdalardan suyun uzaklaştırılması ile mikroorganizmaların gelişmesi, enzimlerin çalışması ve bazı kimyasal reaksiyonlar engellenmiş olur. Ayrıca ağırlık ve hacimde azalma sağlanarak taşıma kolaylığı oluşur. Depolama koşulları uygun olursa kurutulmuş ürünler uzun süre saklanabilir (Kostoglou ve ark., 2013).

Kurutma teknolojisi gıda muhafazası ve raf ömrü için çok önemli bir işlem basamağıdır. Kurutulmuş bir ürün için aranan en önemli özellik, kullanıldığında verilen suyu alıp eski haline dönüşebilmesidir. Yani kurutulmuş bir ürünü suda beklettiğimizde taze iken içerdiği kadar su alarak eski haline dönüşebiliyorsa mükemmel olduğu kabul edilir. Ancak rehidrasyon suyunun sıcaklığı ve süresi, rehidrasyon yeteneğinin üzerine doğrudan etki etmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

## 2.3. Kurutmada Meydana Gelen Başlıca Değişimler

Kurutma üründe kuru madde artışı, kullanımda kolaylık, uzun süre muhafaza imkanı ve kitle yoğunluğundaki olumlu gelişmeler gibi avantajlar sağlamaktadır. Ancak kurutma yöntemi ve koşullarının yanlış seçilmesi durumunda bazı olumsuzluklar da ortaya çıkabilmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Kurutma sırasında meydana gelen bazı değişimler gıdalarda; kalitenin ve besin öğelerinin düşmesinin yanında tüketiciler tarafından da tercih edilmemesine neden olur (Baker 1997). Bu değişimlere aşağıda kısaca yer verilmiştir.

**Fiziksel değişimler:** *Yöresel kuru madde birikimi;* Meyve ve sebzelerin kurutulması esnasında, yöresel kuru madde birikimi, doğrudan kuru madde hareketi ile gerçekleşir. Kurutmanın başlangıç aşamasında olduğu gibi suyun hareketi bir sıvı hareketi gibi

olursa, su içerisinde çözünen maddelerde su ile birlikte taşınır. Kurutma koşullarına göre kuru madde birikimi hareketlerinden birisi gerçekleşebilir ve merkezde veya yüzeyde yoğun bir kuru madde birikimi olabilir. *Kabuk bağlama*; Kurumanın ilk aşamasında yüksek sıcaklık uygulaması ile oluşur. Hızlıca oluşan bu kuru tabaka büzüşerek alt tabakalara baskı oluşturur. Fakat alttaki tabakalar henüz ıslak olduğu için, oluşan bu basınca karşı direnç gösterirler. Buda kuruma ile büzüşme imkânı bulamayan üst tabakanın gerilerek sert bir kabuk haline gelmesine neden olur. *Kitle yoğunluğunda değişimler*; Herhangi bir materyalin birim hacminin ağırlığına kitle yoğunluğu denir. Kurutulan ürünün hacmi az veya çok azalacağı için kitle yoğunluğu değişmiş olur (Cemeroğlu ve ark., 2003).

*Rehidrasyon yeteneği*; kurutulmuş bir ürünün suda belli koşullarda tutulması ile kazandığı su miktarının ölçülmesiyle bulunur. Rehidrasyon yeteneği bizzat fiziksel bir olaymış gibi dursada, kurutma esnasında azalması, üründeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişimlerle de ilişkilendirilir. Öyle ki, kurutma şartlarına bağlı olarak buruşma ve parçalanma nedeniyle hücrenin ve dokuların kapiler yapısı bozulmaktadır. Buda rehidrasyonu olumsuz etkileyen fiziksel bir faktördür. Buna rağmen rehidrasyon yeteneği daha çok fiziko-kimyasal ve kimyasal nedenlerden etkilenmektedir. Kurutmada uygulanan sıcaklık işlemi ve kurutma sonrası hücrede oluşan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak proteinler denatüre olarak su bağlama ve absorbe etme yeteneklerini büyük oranda kaybederler. Aynı nedenlerle nişasta ve gam maddelerinin de hidrofilik nitelikleri azalır. Bunlara ilave olarak hücre duvarı artık eski esnekliğinde değildir (Cemeroğlu, 2016).

Rehidre edilen ürünün kalite özellikleri, uygulanan kurutma koşullarından ve rehidrasyon prosesinden etkilenir. Kurutma işlemi boyunca dokusal değişiklikler, çözünür madde taşınımı, uçucu madde kaybı gibi fizikokimyasal değişiklikler tersinmez bir oluşumla meydana gelir. Bu da nihai ürünün kalitesi üzerinde belirleyici rol oynar. Rehidrasyon oranı, kuru ürünün önemli bir kalite parametresidir. Kurutma ve rehidrasyon şartları, en uygun rehidrasyon özelliklerini elde edebilmek için optimize edilmeye ihtiyaç duyar (Kervancı, 2015).

Kurutulmuş domates ve bazı sebzelerin rehidrasyon özellikleri üzerine yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Domateslerin kurutulma özellikleri 55, 60, 65 ve 70°C'de 1.5 m/s hava akış hızı ile araştırılmıştır. Kurutmadan önce domatesler ön işlem olarak etil oleat solüsyonuna (%2 etil oleat + %4 potasyum karbonat) daldırılmıştır. Deneyler sırasında, domatesler %94.5'den %11 nihai nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Rehidrasyon işlemi, 5 gramlık kurutulmuş örneklerin 200 ml'lik damıtılmış suya daldırılarak 25°C'de 24 saat bekletilmesiyle uygulanmıştır. Sıcaklık değerlerine ve ön işlem uygulamasına bağlı olarak rehidrasyon kapasitesi 2.5-4.5 (kg su/kg kuru madde) arasında değişen değerlerde bulunmuştur. Ön işlem ve hava sıcaklığının kurutma seyrine ve kurutma oranına etkileri bulunmuştur. 55-70°C aralığında hava sıcaklığı artışı domateslerin kurutma hızını belirgin bir şekilde arttırmıştır. Deney verileri, Henderson ve Pabis ile Page modelleri olmak üzere iki kurutma modeline uyarlanmıştır. Modeller, belirlenme katsayısı ve azaltılmış ki-kare kullanılarak karşılaştırılmıştır. Page modeli en iyi tanımlanmış domates kuruma eğrisini vermiştir. Her sıcaklıkta nem transferini ve efektif difüzyon hızını tanımlamak için bir difüzyon modeli kullanılmıştır. Ön işlem görmüş ve görmemiş örneklerin efektif difüzyon hızları sırasıyla,  $5.65-7.53 \times 10^{-10}$  ve  $3.91-6.65 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s arasında değiştiği saptanmıştır. Rehidrasyon kapasitesi açısından bakıldığında, 65°C sıcaklıkta kurutmanın domatesler için optimum sıcaklık olduğu bulunmuştur. Difüzyon hızının sıcaklık bağımlılığı Arrhenius tipi ilişki ile de tarif edilmiştir. Domateslerin aktivasyon enerjisi 17.40-32.94 kJ/mol aralığında ölçülmüştür (Doymaz, 2007).

Sánchez ve ark. (2012), domates dilimlerinin kurutulması için farklı sıcaklıklarda (45, 50 ve 60°C) ve hava hızlarında (0.6 ile 1.2 m.s<sup>-1</sup>) çalışan döner tepsili kurutucu kullanmıştır. Kurutma eğrileri Page matematiksel modeli kullanılarak bulunmuştur. Farklı kurutma koşullarında etkili difüzyon hızlarının kimyasal bileşim değişkenleri (likopen, askorbik asit ve toplam polifenol) ile ilişkili olduğunu ortaya koyulmuştur. Kurutma koşullarının domates dilimlerinin kalitesi üzerine etkileri likopen, askorbik asit ve toplam fenolik madde miktarlarının incelenmesi ve renk ile rehidrasyon oranının ölçülmesiyle değerlendirilmiştir. En iyi kurutma koşulları döner tepsili kurutucu kullanılarak 60°C sıcaklık ve 0.6 m.s<sup>-1</sup> hava hızı olarak bulunmuştur. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyon işlemi, oda sıcaklığında her 1 g kurutulmuş domatese 100 ml su olacak şekilde 50 dakika suya daldırılarak ölçümler yapılmıştır. Maksimum rehidrasyon oranı 60°C ve 0.6 m.s<sup>-1</sup>'de yapılan deney için (4.8±0.6 kg H<sub>2</sub>O/kg kuru

madde) elde edilmiştir. Bu çalışmada rehidrasyon oranı değerleri,  $3.7 \pm 0.4$  ile  $4.8 \pm 0.6$  arasında bulunmuştur. Bu koşullar kurutma sırasında likopenin (%2.9), askorbik asidin (%17.3) ve toplam fenoliklerin (%2.1) bozunmasını en aza indirmiştir.

Domates dilimlerinin kurutma kinetikleri incelenmiştir. Bunun için bir laboratuvar modeli olarak geliştirilen güneş destekli vakum kurutma ekipmanında kurutulan örnekler ile hava koşulları altında güneşte kurutulan örnekler karşılaştırılmıştır. 4, 6 ve 8 mm kalınlıklarındaki domates dilimlerinin kurutma çalışması, %94.0 başlangıç nem içeriğinden yaklaşık  $11.5 \pm 0.5$  nihai nem içeriğine kadar geçen kurutma süresi sırasıyla vakum destekli güneş kurutucusunda 360, 480 ve 600 dk ve güneş altında kurutmada 450, 600 ve 750 dk'da gerçekleşmiştir. Rehidrasyon işlemi 150 ml kaynar su içerisine 5 g kurutulmuş domates daldırılarak uygulanmıştır. Rehidrasyon işlemi 5 dk kaynatılarak yapılmıştır. Vakum destekli güneş enerjili kurutma makinesi ile kurutulan domates dilimlerinin renk ve rehidrasyon oranı bakımından üstün kalitede olduğu bulunmuştur. Domates dilimlerinin rehidrasyon oranları 4, 6 ve 8 mm kalınlıkları için sırasıyla, vakum destekli kurutulan örneklerde (%4.61, 4.75 ve 4.83), güneşte kurutulan örneklerde (%2.95, 3.15 ve 3.24) olarak bulunmuştur (Rajkumar ve ark., 2007).

Abano ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada hava sıcaklığı, hava hızı ve numune kalınlığının; kurutulmuş domates dilimlerinin kurutma süresi, likopen içeriği, askorbik asit içeriği, enzimatik olmayan esmerleşme ve rengi üzerine etkilerini araştırmak için Box-Behken deneme deseni kullanarak cevap yüzey yöntemi ile optimize etmişlerdir. Hava sıcaklığının (40-60°C), hava hızının (1.0-2.0 m/s) ve materyal kalınlığı (7-11 mm) bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. İstenilebilirlik fonksiyonu ise optimum kurutma koşulunun tahminlenmesinde kullanılmıştır. En iyi kurutma koşullarının 44°C hava sıcaklığı, 2.0 m/s hava hızı ve 7.72 mm numune kalınlığı olduğu bulunmuştur. Bu koşullarda kurutma süresi  $527 \pm 76$  dakika, likopen içeriği  $62.7 \pm 4.3$  mg/100 g kuru madde, askorbik asit içeriği  $3.07 \pm 0.14$  mg/g kuru madde,  $L^*$  değeri  $62.92 \pm 2.18$ ,  $a^*/b^*$  oranı  $0.78 \pm 0.05$  ve enzimatik olmayan esmerleşme indeksi  $0.55 \pm 0.06$  absorbans birimi olarak ölçülmüştür.

Kurutulmuş mangoların rehidrasyon kinetikleri üç farklı sıcaklıkta (25, 40 ve 60°C) çalışılmıştır. Rehidrasyon, kurutulmuş numunelerin suda 1/30 oranı kullanılarak ağırlık artışındaki değer önemsiz olana kadar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, meyveyi termal

olarak dehidre etmeden ön işlem olarak, glikoz ya da sakaroz ile uygulanan ozmotik dehidrasyon uygulamasının, rehidrasyonu ne şekilde etkilediği de araştırılmıştır. Rehidrasyonun Fick tipi difüzyon ile açıklanabildiği ve efektif difüzyon katsayısının 40°C’de, diğer sıcaklıklardan büyük olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla, ön işlem uygulanmamış örneklerin 40°C’deki rehidrasyon uygulamasında su kazanımı, ağırlık artışı ve katı kaybı optimum sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak, sakarozla gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon ön işlemi mangonun rehidrasyon kinetiğini etkilememiştir (Maldonado ve ark., 2010).

Dadali ve ark. (2008), mikrodalga destekli olarak kurutulmuş ıspanağın rehidrasyon kinetiğine, kurutma şartlarının (örnek miktarı ile mikrodalga çıkış gücü) ve rehidrasyon sıcaklığının (30, 45, 55 ve 70°C) etkisini araştırmışlardır. Kinetik parametreleri Peleg ve Weibull modelleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu iki modelden Peleg modelinin uygulanan rehidrasyon koşullarına daha uygun olduğu bulunmuştur. Peleg modelindeki hesaplamalar yapılarak bulunan eşitlikler verilmiştir. Ayrıca Arhenius eşitliği kullanılarak rehidrasyon kinetiğinin aktivasyon enerjisi 23,84 kJ.mol<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Hurma meyvesinin hava destekli kurutulmasında farklı kurutma sıcaklıkları (50-80°C) ve çeşitliliğinin etkisi araştırılmıştır. Sonuçlara göre kurutma azalan hız periyotlarında gerçekleşmiştir. Rehidrasyon işlemi, 1/25 g/g su oranında ve 15-45°C arasında değişen sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Fick difüzyon modeli tanımlanarak efektif yayınma ve aktivasyon enerjileri hesaplanmıştır. Hava destekli kurutma ve rehidrasyon işlemine sıcaklığın etkisi Arhenius bağıntısı ile hesaplanmış, sırasıyla 35.17-44.02 kJ/mol ve 30.29-40.29 kJ/mol aralıklarında belirlenmiştir (Falade ve Abbo, 2007).

Pascual ve ark. (2006), havayla kurutulmuş Kuzugöbeği mantarlarının rehidrasyon kinetikleri farklı sıcaklıklarda (15, 20, 25, 30, 45, 55 ve 70°C) incelenmiştir. Kinetiği tanımlamak için Peleg ve Weibull olmak üzere iki tür model düşünülmüştür. Rehidrasyon prosesine uygun olarak üç model tanımlamıştır. Bu modellerden sadece Peleg modelindeki denge nem içeriği rehidrasyon sıcaklığı ile karşılaştırılarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Modellerin kinetik parametreleri sıcaklığa bağımlıdır. Bu etki Arhenius ilişkisi ile tanımlanmıştır. Üç modelin ortalama aktivasyon enerjisi 1592 kJ/kg olarak bulunmuştur.

Dondurularak kurutulmuş meyveler (elma, avokado, muz, kivi ve patates) oda sıcaklığındaki su kullanılarak rehidre edilmiştir. Rehidrasyon işlemindeki kütle artış oranı elektronik terazi yardımı ile bir bilgisayar programına aktarılarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerde dondurularak kurutulmuş avokado ve patates örneklerinde su artışının 3 dakika içinde 20 mm'ye ulaştığı bulunurken, dondurularak kurutulmuş elma ve kivi örneklerinde ise bu değer 10 mm seviyesinde kalmıştır. Muz örneğindeki su artışı ise 4 mm'den az gerçekleşmiştir. Buna göre her meyvenin farklı rehidrasyon oranlarına sahip olduğu bulunmuştur. Meyvelerin dondurma şartları, türüne ve olgunluk durumu gibi birçok faktöre göre orijinal nem miktarlarının %90'nını geri kazandıkları belirlenmiştir (Lee ve ark., 2006).

Noshad ve ark. (2012), ayva dilimlerini içinde saf su bulunan ultrasonik banyoda (30°C, 25 kHz) 0-30 dakika arasında tuttuktan sonra ozmotik kurutma uygulayarak kurutmuşlardır. Kurutulan bu ayva dilimleri 25, 45 ve 70°C sıcaklığa sahip saf suların içinde rehidre edilmiştir. Rehidrasyon işlemi 1/50 (örnek/su) oranında gerçekleştirilmiştir. Rehidrasyonun ardından örnek ağırlığı ilk saatte her 15 dakikada bir, daha sonra 180 dakikaya kadar (sürecin son aşaması) her 20 dakikada bir ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda örneklerin ağırlıklarının rehidrasyon işleminin başında hızlı bir şekilde arttığı saptanmıştır. Ayrıca rehidrasyon işleminin 70°C'de 25°C'den daha hızlı gerçekleştiği bulunmuştur.

### **2.3.2. Kimyasal ve diğer değişimler**

Bu değişimler etkisini, rehidre edilmiş veya kurutulmuş ürünün renginde, tekstüründe, lezzetinde, besleme değerinde, depolama stabilitesinde ve viskozitesinde göstermektedir. Her kurutmada meydana gelen en önemli olumsuzluk rengin esmerleşmesidir. Renk esmerleşmesi üründe kurutma öncesi, kurutma sırasında veya depolama süresince oluşmaktadır. Bu olumsuzluğa, enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar neden olmaktadır. Sıcaklığın ve tepkimeye giren reaktiflerin ortamdaki konsantrasyonlarının artması esmerleşme tepkimelerini hızlandırmaktadır. Maillard reaksiyonu denen enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının gerçekleşmesi için belli bir nem düzeyi gerekmekte olup bu reaksiyonların en hızlı olduğu nem düzeyi ise %15-20 aralığıdır. %2 nem düzeyinin altında hiçbir esmerleşme tepkimesi gerçekleşmemektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003). Depolamada her 10°C'lik sıcaklık artışının, esmerleşme



hızını ürünün su içeriğine de bağlı olarak 6-8 kat arttırdığı belirtilmiştir (Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

Mikrobiyolojik olarak bakıldığında, ürünün mikroflorası kurutma esnasında değişmektedir. Güneş altında kurutma işleminde koşulların doğaya bağlı olması ve hijyenik kuralların uygulanamamasından dolayı mikroorganizma sayısı kurutma boyunca artarak kurutma süresince faaliyetini sürdürmeye devam ederler. Bu sorunu engellemenin yolu, mikrobiyal yönden temiz hammadde kullanılması, hammaddelerin hazırlanması ve kurutulmasında hijyenik kurallara uyulmasıdır.

Biyokimyasal değişimler düşünüldüğünde kurutma işlemlerinde, karbonhidratların dehidrasyonu ve ısı yolla degradasyonu sonucunda birçok yeni bileşikler oluşmaktadır. Bu oluşumlar asit veya baz eşliğinde hızlanmaktadır. Bu oluşum pentozlardan “2-furaldehit”, heksozlardan ise “5-hidroksimetil-2-furaldehit”, yani yaygın ismiyle “hidroksimetilfurfural (HMF)” oluşumudur. Yüksek sıcaklık, bu oluşumları teşvik etmektedir. Bu açıklamalar ışığında, karbonhidrat içeren gıdalara uygulanan her türlü ısıtma veya depolamada, sıcaklık ve süreye bağlı olarak daima az veya çok miktarda HMF oluşmaktadır (Cemeroğlu, 2007).

Gıdaların dayanıklılığını etkileyen en önemli faktörlerden birisi gıdanın içerdiği su miktarıdır. Bu nedenle ürünün yapısındaki su ne kadar azalırse dayanıklılığı da bir o kadar artar. Fakat, kurutma sonucunda yapıda kalan su miktarı her gıdada farklı orandadır ve dayanıklılık süreleri değişiklik gösterir. İşte bu olay yapıda “su aktivitesi” ( $a_w$ ) dediğimiz bir değer ile açıklanabilmektedir (Saldamlı ve Saldamlı 2004). Bu değer kurutma sonucunda gıdalardaki en önemli değişimlerden birisidir. Kurutma sonucu su aktivitesi değeri düşerek gıdanın dayanım süresi artar. Su aktivitesi, gıdanın içerdiği suyun buhar basıncı ile aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı ile hesaplanır (Durmuş ve Evranuz, 2005).

Su aktivitesi değeri, denge bağıl neminin 100’e oranı olup Eşitlik 2.1. yardımıyla hesaplanır;

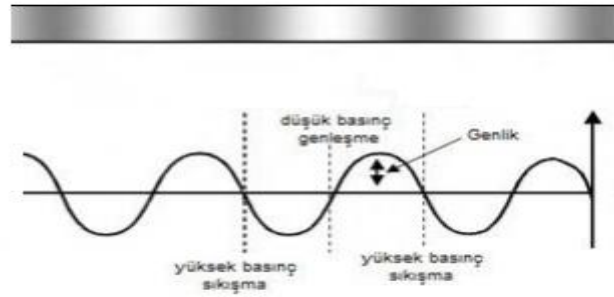
$$a_w = \frac{\text{Havanın denge bağıl nemi}}{100} \quad (2.1)$$

Kurutma hızı, ürün yüzeyindeki suyun buhar basıncı ile havadaki suyun buhar basıncı arasındaki farka bağlı olduğuna göre su aktivitesi ile kurutma hızı arasında da ilişki vardır. Bu nedenle su aktivitesi düştükçe suyun buharlaşma gizli ısı da yükselir (Şahin, 2010).

## 2.4. Ultrason

### 2.4.1. Genel bilgiler

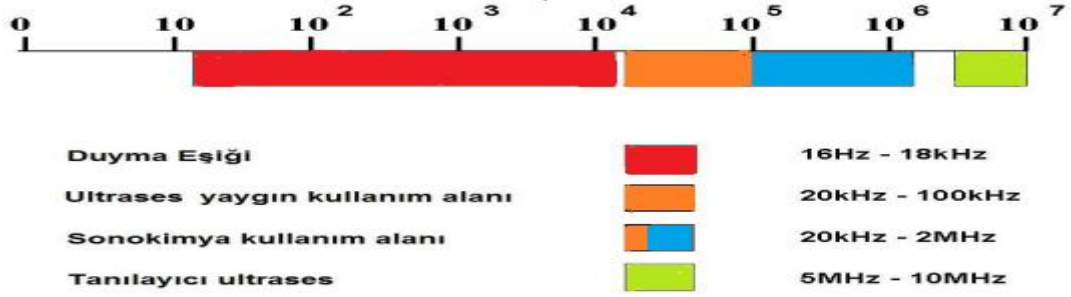
Denge halinde bulunan taneciklerin mekanik titreşimlerine ses, bu titreşimlerin bir saniyedeki sayısına ise frekans denilmektedir. Ses frekansının birimi Hertz (Hz)'dir. Ses dalgaları boşlukta iletilemez, iletimi için moleküler ortama ihtiyaç vardır. Sesin yayılabilirliği ile ortamın sıkışabilirliği birbiri ile ters orantılıdır. Bu nedenle ses en yavaş gazlarda en hızlı ise katılarda yayılmaktadır. Ses titreşimleri ortamda Şekil 2.2'de gösterildiği gibi dalgalar halinde yayılır.



Şekil 2.2. Sesin bir ortam boyunca hareketi (Mason ve Lorimer, 2002).

Ultrason (ultrases), insan işitme aralığının ötesinde frekanslara (~ 20 kHz) sahip ses dalgaları olarak tanımlanır (Awad ve ark., 2012). İnsan işitme aralığı 20 Hz-20 kHz olarak belirlenmiş olup 20 kHz–1 MHz aralığındaki sesler ticari olarak çalışılan ultrason frekans aralığını verir (Mason ve Lomier, 2002). Ultrases, akustik bir enerjidir ve üç gruba ayrılır:

- Düşük Frekans-Yüksek Güç (20kHz–100 kHz),
- Yüksek Frekans-Orta Güç (100 kHz-1MHz),
- Yüksek Frekans–Düşük Güç (1MHz–10 MHz) (Anonim, 2012).

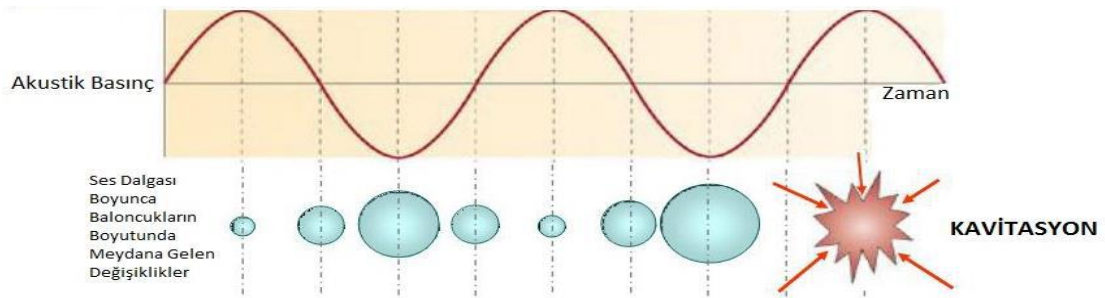


Şekil 2.3. Ses frekanslarının dağılımı (Mason ve Lorimer, 2002).

20 kHz ile 2 MHz arasındaki frekanslar kimyada kullanılırken, 5 MHz ve üstündeki ses dalgaları medikal ve tanılayıcı ultrases olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.2) (Kantaş, 2007).

#### 2.4.2. Ultrases etki mekanizması ve sistem bileşenleri

Ultrases bir ortamdan geçerken birçok etki oluşturmaktadır. Bu etkilerden en önemlisi **kavitasyon**; ses dalgasının bir sıvıdan geçişi esnasında basıncı düşerek molekülleri arasındaki mesafe normalin üstüne çıkararak kabarcıklar oluşturur. Oluşan bu kabarcıklar giderek büyür, salınımı ve daha fazla enerji absorblaması zorlaşacak hacme ulaştığında içeri doğru sönmülenir. Bu sönmülenme olayına kavitasyon denir (Kantaş, 2007; Uzunoğlu, 2012) (Şekil 3.3).

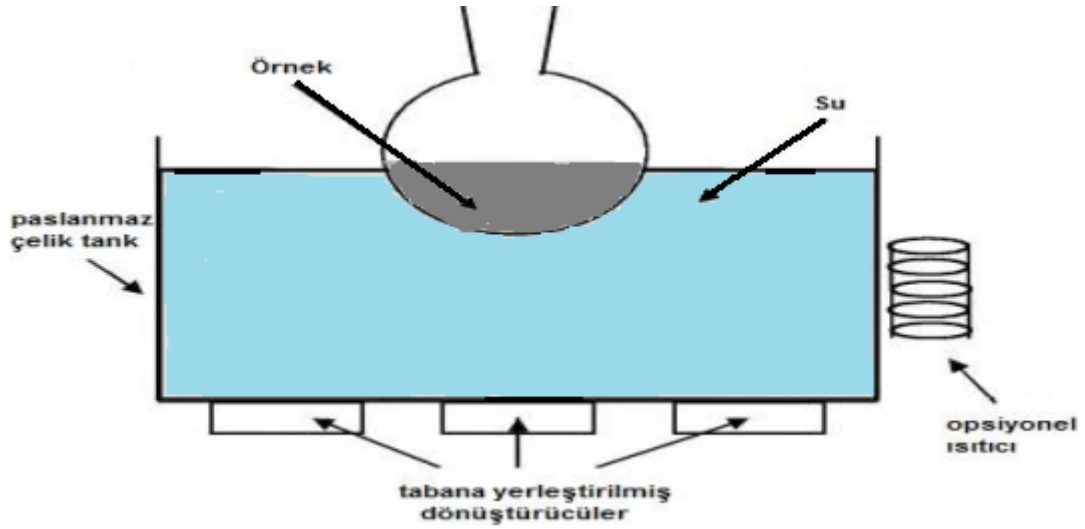


Şekil 2.4. Ultrasonik kavitasyon (Anonim, 2012).

Ultrason üreten sistemler; güç kaynağı, dönüştürücü (transducer) ve uygulayıcı olmak üzere üç ana elemandan oluşmaktadır (Mulet ve ark., 2003). Ultrason gücü üreten tüm sistemler herhangi bir enerjiyi (elektrik, manyetik, kinetik vb.) güç dönüştürücüleri aracılığı ile akustik enerjiye dönüştürürler (Mulet ve ark., 2003; Uzunoğlu, 2012). Dönüştürülen bu akustik enerjiyi ortama yaymak için dağıtıcı sistemler kullanılır.

Uygulama alanları ve etkileri dikkate alınarak dağıtıcı sistem olarak ultrasonik banyolar ve ultrasonik probalar kullanılmaktadır (Yılmaz, 2011; Uzunoğlu, 2012).

Ultrasonik banyolar, (Şekil 2.5) alt kısmına piezoelektrik dönüştürücüler yerleştirilen bir metal gövdeden oluşmuştur. Bu dönüştürücüler titreşimleri tüm gövdeye iletirken, metal gövde ise titreşimleri içindeki sıvıya iletir (Mulet ve ark., 2003). Ultrasonik banyolarda kullanılan tankın herhangi bir özel adaptasyon isteğinin bulunmaması ve ses dalgalarının homojen dağılması gibi avantajları vardır. Bunun yanında zayıf sıcaklık kontrolü, sabit frekansta çalışma, banyonun içindeki yerleşim yerine göre etkinin değişmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Mason ve Lorimer, 2002).



Şekil 2.5. Ultrasonik banyo (Mason ve Lorimer, 2002).

Günümüz gıda endüstrisi, minimum enerji tüketimi ile maksimum kalitede ve güvenlikte üretimi hedeflemektedir. Ultrason uygulaması, gıda endüstrisinde değişik amaçlar için kullanılan ve gelişimini sürdüren bir teknolojidir. Bu yeniliklerden biri de ultrason uygulamasının kurutma öncesi ve sonrasında uygulanmasıdır. Ultrason uygulamasının farklı kurutma teknikleriyle kombine edilmesiyle oluşturulan proseslerde suyun kolay difüze olduğu, işlem süresinin azaldığı, kolay rehidre olduğu ve geleneksel kurutma yöntemlerinin neden olduğu kalite kaybı gibi olumsuz sonuçları ortadan kaldırdığı görülmüştür (Tüfekçi ve Özkal, 2015). Ayrıca, işlem süresinin azaltılması, işletme ve bakım maliyetlerinin düşürülmesi, verimin, kalitenin ve güvenliğin artırılması gibi avantajlar sunmaktadır (Alexandre ve ark., 2012; Amirante ve ark., 2017).

Gıda endüstrisinde, ön işleme yöntemi olarak ultrason kullanımı yenidir ve bu ön işleme yöntemi ile ilgili çok fazla çalışma yoktur (Fabiano ve ark., 2008). Ultrason uygulamasının etkinliği üzerine, kullanılan ultrason dalgasının genliği, uygulamanın süresi, gıdanın bileşimi, sıcaklık ve uygulamanın yapıldığı hacim etkili olmaktadır (Vercet ve ark., 1997).

### 2.4.3. Gıda işlemede ultrason kullanımı

Ultrason uygulamasının gıda işlemede kullanımı, oluşturduğu etki ve sağladığı faydalar Çizelge 2.1’de verilmiştir. Ultrason kullanımı ses dalgasının şiddetine göre; ‘Yüksek Frekans Düşük Güç’ ve ‘Düşük Frekans Yüksek Güç’ olmak üzere iki ana kategoriden oluşmaktadır. Yüksek frekans düşük güç ses dalgaları 0.1 MHz ile 10 MHz frekansa ve  $1 \text{ W/cm}^2$ ’den küçük şiddete sahip olan yöntemlerdir. Bu yöntem bir ürünün veya prosesin izlenmesi, kontrol edilmesi ya da farklı gıda maddelerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılır. Düşük frekans yüksek güç yöntemi 20 kHz ile 100 kHz frekans ve  $10\text{-}100 \text{ W/cm}^2$  arasında şiddete sahip ses dalgaları ise bir ürün veya prosese doğrudan etki etmek amacıyla kullanılır (Kantaş, 2007).

Çizelge 2.1. Ultrasonun gıda işlemede kullanımı (Patist ve Bates, 2008).

Uygulama	Etki / Fayda
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon verim ve etkinliğini arttırma
Emülsifikasyon /Homojenizasyon	Ekonomik emülsiyon üretimi, kayma gerilimi yüksek mikro akış
Kristalizasyon	Daha üniform ve küçük kristal oluşumu, kristallerin modifikasyonu
Filtrasyon	Akış hızını arttırma, Kirlenmeyi azaltma
Seperasyon	Kimyasal ayırım tekniklerinin iyileşmesi, partiküllerin toplanması
Köpük giderme	Köpük giderici kullanımını azaltma, boru hatlarının korunması
İnaktivasyon (enzim ve/veya mikrobiyal)	Isı transferinde artış, düşük sıcaklıkta enzim inaktivasyonu, kavitasyon ile mikrobiyal hücre zarına doğrudan etki
Fermentasyon	Fermentasyonu hızlandırma, canlı dokuyu uyarma, metabolit madde üretimini arttırma, substrat transferini iyileştirme
Isı transferi	Düşük sıcaklıklarda çalışabilme, ısıtma ve kurutma işlemlerinin kolaylaşması, ısı transferini arttırma

Genel olarak, bazı ön işlem uygulamaları, başlangıçtaki nem içeriğini azaltmak veya meyvenin doku yapısını değiştirmek veya toplam kurutma işlem süresini azaltmak için kullanılır. Ultrasonik uygulama enerji tüketimini ve kuruma süresini azaltmak için alternatif bir yoldur. Ultrason kullanmanın avantajı, işlemin ortam sıcaklığında

gerçekleştirilebilmesi ve ısıtmaya ihtiyaç duyulmamasıdır. Ultrasonik ön işlem, meyve/sebzeyi suya daldırarak veya hipertonic sulu bir solüsyon içerisinde uygulanır. Kurutma esnasında uygulanacak kurutma süresini kısalttığı için gıdanın lezzet ve renginin korunmasına katkıda bulunur.

Hava destekli kurutmada ultrasonik ön işlem uygulamasının muz üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada ultrasonik ön işlem 30°C'lik su banyosunda 1:4 (su/meyve) oranında 10, 20 ve 30 dk süreyle 25 kHz frekansta uygulanmıştır. Sonuçlar su difüzyonunun ultrason uygulanmasından sonra arttığını ve toplam kurutma süresinin %11 oranında azaldığını göstermiştir (Fernandes ve Sueli, 2007).

Fernandes ve ark. (2008), bir başka çalışmada ise, ultrasonik ön işlem geçiren ananasların hava destekli kurutma sürecinde su difüzyon oranı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ultrasonik ön işlem 30°C'lik su banyosunda 1:4 (su/meyve) oranında 10, 20 ve 30 dk süreyle 25 kHz frekansta uygulanmıştır. Sonuçlar, 10, 20 ve 30 dk ultrason uygulamasından sonra su difüzyon oranının arttığını ve toplam kurutma süresinin %8 oranında azaldığını (hava destekli kurutma süresi 1 saatten fazla olduğunda) göstermiştir.

Kavun, çilek, yıldız elma ve ananas meyvelerinde ultrasonik ön işlem uygulaması ile (18-40 kHz, maksimum 60 dk) kurutma süresinin %20, kurutma masraflarının ise %30 azaldığı görülmüştür (Fernandes ve Sueli, 2011).

Jambrak ve ark. (2007), kurutma süresinin kısılmasını sağlamak ve kütle transfer işleminde ön işlem olarak uygulanan ultrasonun etkisini mantar, brüksel lahanası ve karnabarda belirlenmiştir. İşlem koşulları olarak 20 kHz frekansta çalışan ultrasonik prob ve 40 kHz frekansta çalışan ultrasonik banyoda 3-10 dk'lık sürelerde 10 g örnek ve 18°C'de 150 ml su ile çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar haşlanmış ve ultrasonik ön işlem uygulanmamış örnekler ile karşılaştırılmıştır. Ultrasonik ön işlem uygulanan tüm örneklerde kurutma süresinin haşlanmış ve ultrasonik ön işlem uygulanmayan örneklere göre azaldığı belirlenmiştir. Rehidrasyon özelliği (% ağırlık artışı) bakımından en iyi sonucu dondurarak kurutulan örnekler vermiş olup bulunan değerler mantarda (%45.3), brüksel lahanasında (%21.4) ve karnabarda (%51) olarak tespit edilmiştir. Ultrasonik

ön işlem uygulanan örnekler için rehidrasyon özelliği ultrasonik ön işlem uygulanmayan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Kurutma öncesinde elma dokularındaki kütle transferini arttırmak amacıyla uygulanan ultrasonik ön işlem uygulaması 35 kHz frekansta 10, 20 ve 30 dk boyunca 25°C'de 1:4 örnek:su oranında uygulanmıştır. Kurutma süresinin ultrasonik ön işlem görmemiş örneklere göre %31 oranında azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, ultrason kullanımının kurutma sırasında su kaybını arttırdığı belirlenmiştir. Ultrason uygulanan örneklerde, uygulanmayan örneklere göre %9-11 oranında daha fazla büzülme görülmüştür. Ultrasonik ön işlem uygulanan ve uygulanmayan kurutulmuş elmaların yoğunluk ve gözenekleri arasındaki farklılıklar Taramalı Elektron Mikroskobu ile yapılan doku görüntüleriyle doğrulanmıştır. Ultrason uygulaması kurutulmuş elmaların mikroyapısında değişimlere neden olmanın yanında hücre parçalanmasına ve dokunun hasar görmesine neden olmuştur. Sonuçlar ultrason işleminin elma mikroyapısı üzerindeki etkisinin zamanla değiştiğini göstermiştir. Ultrason uygulama süresinin artması kurutulmuş elma yapısının daha fazla tahrip olmasına neden olmuştur. Ek olarak ultrason uygulanan ve uygulanmayan örnekler karşılaştırıldığında rehidrasyon özelliklerinin değiştiği görülmüştür. Ultrasonik işlem uygulanmayan elma örneğinin rehidrasyon değeri 60 dk sonunda  $5.32 \pm 0.68$  (kg nem/kg kuru madde) olarak bulunmuş olup 10, 20 ve 30 dk ultrasonik işlem uygulanan örneklerde rehidrasyon değeri sırasıyla  $4.23 \pm 0.41$ ,  $5.00 \pm 0.19$ ,  $5.48 \pm 0.22$  (kg nem/kg kuru madde) olarak bulunmuştur (Nowacka ve ark., 2012).

Bu çalışmada, düşük şeker içeriğine sahip kurutulmuş papaya üretiminde şeker kaybı üzerine ultrasonik ön işlemin etkisi incelenmiştir. Papaya'nın kurutulmasında hava destekli kurutma öncesi ultrasonik ön işlem (20 kHz frekansta) 1:4 meyve/su oranında 10, 20, 30, 45 ve 90 dk işlem koşullarında gerçekleştirilmiştir. Meyveleri hava destekli kurutmada ultrasonik ön işlem çalışılmış ve ozmotik dehidrasyon ile karşılaştırmıştır. Sonuçlar, ultrason uygulamasından sonra suyun etkili yayılmasının arttığı ve kuruma süresinin yaklaşık %16 oranında azaldığı bulunmuştur. Ultrasonik uygulama sırasında papaya şekeri (30 dk sonunda) %13.8 oranında azalmıştır, bu nedenle böyle bir ön işlem aşaması, düşük şeker muhtevasına sahip kurutulmuş meyveler üretmek için pratik bir işlem olabileceği belirtilmiştir (Fernandes ve Oliveira, 2008).

Rawson ve ark. (2011), havuç örneklerine 20 kHz frekansta 3, 10 dakika, 25°C de ultrasonik ön işlem uygulanmıştır. Uygulamayı takiben sıcak hava destekli kurutma ve dondurucu kurutma uygulanarak karotenoidlerin korunumu araştırılmıştır. Kontrol amaçlı olarak da örnek ultrasonik muamele uygulanmadan hava destekli kurutma ile 80°C'de 3 dk soldurma yapılmıştır. Araştırma sonucunda ultrasonik ön işlem uygulandıktan sonra dondurarak kurutulan örneklerin karotenoid korunumu açısından (3, 10 dk her ikisinde de) ultrasonik ön işlem sonrası sıcak hava ile kurutulan örneklerle göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Ultrasonik ön işlem uygulandıktan sonra dondurularak kurutulan örnekler içerisinde en yüksek karotenoid korunumu her iki uygulamada (3, 10 dk) da en düşük ultrasonik dalga (24.4 µm) değerinde gerçekleşmiştir.

Sıcak hava ile kombine edilmiş mikrodalga destekli olarak 60°C'de kurutulan domates dilimlerinde ultrasonik ön işlemlerin kurutma süresi ve ürün kalitesine etkileri araştırılmıştır. Domatesin kurutulmasında kullanılan mikrodalga güç (120, 150 ve 180 W) ve ultrasonik ön işlem uygulamasının (0, 20 ve 40 dk ve 1:4 g/g örnek/su oranında) kurutulmuş dilimlerin kurutma süresi, renk, toplam fenolik madde, likopen, C vitamini ve rehidrasyon kapasitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, mikrodalga güç seviyesinin artmasıyla kuruma süresinin önemli ölçüde azaldığını (yaklaşık %46.4) göstermiştir. 120 W mikrodalga gücünde ve 40 dakika ultrasonik ön işlem uygulanması ile aynı mikrodalga gücünde ultrasonik ön işlem uygulanmayan örneklerle kıyasla kurutma süresini %7.38 oranında azaltmıştır. Kurutma koşullarına bağlı olarak, vitamin C ve likopen içeriği sırasıyla, 433.94'ten 81.89 mg AA/100 g kuru madde ve 3920.57'den 415.40 mg/100 g kuru madde seviyelerine düşmüştür. Toplam fenolik madde içeriğinde ise önemli bir kayıp belirlenmemiştir. Ultrasonik ön işlem uygulanan örneklerde rehidrasyon kapasitesi (30°C ve 55-75 dk) koşullarında ön işlem uygulanmayan örneklerle göre daha iyi bulunmuştur. Kurutulmuş domates dilimlerinin toplam renk farkı değeri 120-180 W mikrodalga güç seviyelerinde uygulanan 20 dk'lık ultrasonik ön işlemde daha iyi bulunmuştur. Mikrodalga gücü ile ultrasonik ön işlem uygulamasının birlikte kullanılması nihai ürünün kalitesini olumlu etkilemiştir (Horuz ve ark., 2017).



### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Tez kapsamında kullanılan kurutulmuş domates örnekleri ambalajlı şekilde yerel bir marketten temin edilmiştir. Örnekler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında çalışma aşamasına kadar ve çalışma boyunca +4°C’de depolanmıştır.

##### **3.1.1. Kullanılan cihazlar**

Çalışmada RADWAG AS 220/C/2 marka hassas terazi, HACH LANGE DR 5000 marka UV/VIS spektrofotometre, EBA 20 Hettich Santrifugen (R\*M\*100) marka santrifüj, Memmert marka su banyosu, Elma S 100 H (Elmasonic) marka ultrasonik banyo, WTW Inolab pH Level1 (Almanya) model pH-metre, Ceti marka masa tipi Abbe refraktometresi, Minolta, CR-300 (Japan) marka renk ölçüm cihazı, AquaLab Model Series 3TE su aktivitesi cihazı, Zwick Z 0.5 Universal Test doku analizi cihazı kullanılmıştır.

#### **3.2. Yöntem**

Tez çalışması kurutulmuş domateslerde ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimizasyonu, belirlenen optimum noktalarda rehidre edilen örneklerle ultrason içermeyen optimum noktalar ile literatürde yer alan geleneksel rehidrasyon koşullarının kıyaslanması aşamalarından oluşmaktadır. Bu kapsamda optimizasyon aşamasında rehidrasyon kapasitesi, renk a\* değeri ve doku değeri yanıt olarak kullanılmıştır. Optimizasyon sonrasında yürütülen analizler ise optimizasyon aşamasında yürütülen analizlere ek olarak likopen, su aktivitesi, renk (a\* dışındaki diğer değerler), toplam kuru madde, pH ve suda çözünür kuru madde (rehidrasyon sıvısında) analizlerini içermektedir.

Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyonunda, ultrason uygulaması 37 kHz frekansa çalışan ultrasonik (Elma S 100 H) banyo kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ultrason işleminden önce örnekler hassas terazi kullanılarak beşer g olacak şekilde

hazırlanmıştır. Ultrasonik rehidrasyon işlemi 500 ml'lik beherler içerisinde Çizelge 3.2'de belirtilen süre, su oranları ve sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.1. Rehidrasyon koşullarının optimizasyonu

Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşulları Cevap Yüzey Yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Optimizasyon için deneysel tasarımda kullanılacak parametreler (bağımsız değişkenler) ve bu parametrelerin seviyeleri literatür verileri kullanılarak belirlenmiş olup incelenecek parametreler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ultrasonik rehidrasyon bağımsız değişkenleri ve seviyeleri

Faktörler	Bağımsız Değişkenler	Değişkenler ve seviyeleri		
		-1	0	+1
$x_1$	Süre (dakika)	2	31	60
$x_2$	Sıcaklık (°C)	20	50	80
$x_3$	Su oranı (örnek g/su g)	1/50	1/75	1/100

Çizelge 3.2. Box-Behnken deneme planı

No	Sıcaklık (°C) ( $x_1$ )	Süre (dk) ( $x_2$ )	Su oranı (örnek g/su g) ( $x_3$ )
1	31	75	50
2	31	100	20
3	60	50	50
4	60	75	80
5	2	75	20
6	60	100	50
7	31	100	80
8	31	50	80
9	31	75	50
10	31	75	50
11	60	75	20
12	2	50	50
13	31	75	50
14	2	100	50
15	2	75	80
16	31	75	50
17	31	50	20

Rehidrasyon koşullarının optimizasyonunda süre, sıcaklık ve su oranı bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Optimum nokta seçimi ise maksimum rehidrasyon kapasitesi, maksimum  $a^*$  (kırmızılık) renk değeri ve taze domatese en yakın doku değerini sağlayan üretim koşullarına göre belirlenmiştir. Optimizasyon modeli bağımsız ve bağımlı değişkenler (yanıt) Design-Expert paket programı kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre (Çizelge 3.2) 5 merkezli ve 17 deneysel noktada üretimler yapılarak belirlenmiştir.

Uygun modelin oluşturulması sonrasında istenirlik fonksiyonu kullanılarak altı optimum nokta belirlenmiş ve bu optimum noktalarda üretimler yapılarak iki optimum nokta kıyaslama analizleri için kullanılmıştır. Rehidrasyon uygulamalarının istatistiksel değerlendirilmelerine ait açıklamalar istatistiksel analiz bölümünde verilmiştir.

### **3.2.2. Analiz Yöntemleri**

Tez çalışması kapsamında yürütülen analizlere ait yöntemler aşağıda verilmiştir.

#### **3.2.2.1. Rehidrasyon kapasitesi**

Belirli miktardaki örneğin belirli sıcaklık ve sürede belirli su oranlarında bekletilmesi sonrasındaki ağırlık değişiminin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Rehidrasyon kapasitesi (RC) Eşitlik 3.1. yardımıyla hesaplanmıştır (Lewicki ve ark., 1998).

$$RC: \frac{W_2}{W_1} \quad (3.1)$$

Burada  $W_1$  ve  $W_2$  simgeleri sırasıyla rehidrasyon işleminden önceki örnek miktarı (g) ve rehidrasyon işleminden sonraki süzölmüş ve kurutma kâğıdı ile kurulanmış örnek miktarını (g) göstermektedir.

#### **3.2.2.2. Likopen miktarı**

Likopen miktarının belirlenmesi Yıldız (2004)'in çalışmasında verilen spektrofotometrik yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar  $\mu\text{g}$  likopen/g örnek olarak verilmiştir.

Örnek hazırlama: 0.15 g homojenize edilen örnek ve 0.15 g mısır nişastası ile 10 ml aseton (HPLC grade) manyetik karıştırıcıda 5 dakika karıştırılmış ve 3 dakika 3000 rpm'de 25°C'de santrifüjlenmiştir. Hazırlanan örnekler absorbans değerleri belirlenene kadar siyah bir örtü altında bekletilmiştir. Santrifüjlenen örneklerin üst fazları quartz küvetlere alınarak spektrofotometrede 503 nm'deki absorbans değerleri belirlenmiştir (spektrofotometrenin sıfırlamasında örnek içermeyen mısır nişastası ve asetonla hazırlanan kör örnekle kullanılmıştır).

Aşağıdaki eşitliklerden uygun olan seçilerek hesaplama yapılmıştır.

$$\text{Abs}_{503} < 0.3 \text{ ise: } \frac{(2.56 \times A_{503} - A_{472}) \times 32.24}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.2.)$$

$$0.6 < \text{Abs}_{503} < 0.3 \text{ ise: } \frac{(2.8 \times A_{503} - A_{472}) \times 32.24}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.3.)$$

$$\text{Abs}_{503} > 0.6 \text{ ise: } \frac{(62.43 \times A_{503})}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.4.)$$

### 3.2.2.3. Su aktivitesi

Her gruptaki örneğin su aktivitesi değeri su aktivitesi tayin cihazı (AquaLab Model Series 3TE) kullanılarak 25°C'de ölçülmüştür. Örnekler cihazın ölçüm haznesine konulduktan sonra nem miktarının dengeye geldiği değer denge nem değeri olarak okunmuştur (Duran, 2013).

### 3.2.2.4. Renk

Örneklerin rengi, Minolta (CR-300 model) renk ölçüm cihazı beyaz ve siyah standart bir plakada kalibre edildikten sonra Hunter renk ölçüm parametreleri ile L\* (parlaklık), a\* (kırmızı/yeşil), b\*(sarı/mavi) değerleri kullanılarak belirlenmiştir (Anonim, 1991). Referans L\*, a\* ve b\* değerleri kullanılarak  $\Delta E$ ,  $\Delta C$  ve Hue açısı değerleri sırasıyla Eşitlik 3.5, 3.6 ve 3.7. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2} \quad (3.5.)$$

$$\Delta C = [(a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2} \quad (3.6.)$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3.7.)$$

#### 3.2.2.5. Doku

Örneklerin doku ölçümleri 10 mm çapında paslanmaz çelik başlık ile Zwick Z 0.5 Universal Test ölçüm cihazı kullanılarak 50 mm/dk test hızında 10 mm ( $\Delta L_m$ ) delmek için gereken maksimum kuvvet ( $\Delta F$ ) Newton cinsinden belirlenmiştir.

#### 3.2.2.6. Toplam kuru madde

Sabit tartımdaki kurutma kabı içerisine yerleştirilen yaklaşık 2 g örneğin 105°C'deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulması prensibine dayanır. İlk ve son tartımlar arası farktan örneğe ait toplam kuru madde içeriği yüzde olarak hesaplanmıştır.

#### 3.2.2.7. pH

10 g örnek homojenize edildikten sonra pH değeri WTW Inolab pH Level1 (Almanya) model pH-metre kullanılarak ölçülmüştür (Anonim, 1995).

#### 3.2.2.8. Suda çözünür kuru madde

Bu analiz sadece rehidrasyon sıvısına olan suda çözünür kuru madde geçişlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır, sıcaklık düzeltmesine sahip refraktometre kullanılarak belirlenmiştir (Anonim, 1995).

#### 3.2.2.9. İstatiksel değerlendirme

Optimizasyon modellerinin oluşturulması ve değerlendirilmesinde Design-Expert paket programı kullanılmıştır. Elde edilen optimizasyon modelleri istatistiksel olarak değerlendirilerek, optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Faktörler ile yanıtlar arasındaki ilişki bilinmediğinden sıfıncı dereceden başlayarak ikinci dereceden polinomial bir modele kadar tüm model ihtimalleri denenmiş ve en uygun yanıt fonksiyonuna ulaşan model seçilmiştir. Bu amaçla gerekli deneysel veriler "Box-Behnken" deneme planı seçilerek oluşturulmuştur.

Rehidrasyon koşullarının optimizasyonu için 17 deneysel noktadan (merkezde 5 tekrarlı) oluşan ve üç değişken ile oluşturulan istatistiksel tasarım kullanılmıştır. Her deneme için 3 paralel yapılarak, denemelerin standart sapması hesaplanmıştır. Seviyeler, 0 merkez noktası olmak üzere, -1, 0, +1'dir. Her faktörün merkez noktasındaki gerçek seviyesi Eşitlik 3.8. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Gerçek seviye} - (\text{yüksek seviye} + \text{düşük seviye})/2 \quad (3.8.)$$

$$\text{Kodlanmış değer} = \frac{\text{Gerçek seviye} - (\text{yüksek seviye} + \text{düşük seviye})/2}{(\text{yüksek seviye} - \text{düşük seviye})/2}$$

Proses değişkenlerinin yanıtlara etkisini tahminleyen ikinci derece polinomial Eşitlik 3.9'da verilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (3.9.)$$

Burada,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{23}$  regresyon katsayılarını,  $X_1, X_2, X_3$  bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. Oluşturulan modelin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Bu yöntemle her bir faktörün lineer, kuadratik ve interaksiyon etkilerinin cevaplar üzerindeki istatistiksel önemleri %95 güven seviyesinde Fischer (F testi) uygulanarak bulunmuştur.

Kullanılan modelin uygunluğuna; elde edilen modelin matematiksel formunun deneysel veriyi temsil etmek için uygun olup olmadığını belirleyen uyum eksikliği (Lack of fit) testinin önemsiz ve regresyondan kaynaklanan varyasyonun %95 güven seviyesinde önemli olması koşuluyla karar verilmiştir. Ayrıca modelin uygunluğu regresyon katsayısı ( $R_2$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı (adj  $R_2$ ), tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS), varyasyon katsayısı (C.V.) ve tahminlenmiş çoklu regresyon katsayısı (Pre- $R_2$ ) kullanılarak test edilmiştir. Optimizasyon aşamasından sonra yürütülen analizlere ait sonuçların değerlendirilmesinde ise Duncan istatistiksel değerlendirme yöntemi kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Hammaddeye Ait Fizikokimyasal Özellikler

Rehidrasyon işlemlerinde kullanılan kurutulmuş domateslerin fizikokimyasal özellikleri belirlemek amacıyla yürütülen doku (sertlik) (N), renk a\* değeri, pH, su aktivitesi, toplam kuru madde (%), likopen ( $\mu\text{g/g}$ ) analizlerine ait sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sertlik 4.591(N); renk a\* değeri 8.01; pH değeri 4.77; su aktivitesi 0.54; toplam kuru madde %74.53; likopen miktarı 391( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Hammaddeye ait fizikokimyasal özellikler

Nitelik	Sonuç <sup>#</sup>
Doku (N)	4.59±0.81
Renk a*	8.01±0.98
pH	4.77±0.05
aw	0.54±0.06
Toplam kuru madde (%)	74.53±4.09
Likopen miktarı ( $\mu\text{g/g}$ )	391±14.4

<sup>#</sup>Verilere ait aritmetik ortalama standart sapma (SD), (n=3)

### 4.2. Optimizasyon

#### 4.2.1 Cevap seviyeleri ve model uyumu

Kurutulmuş domateslerin optimum rehidrasyon koşulları cevap yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ultrasonik rehidrasyon uygulamalarında, sıcaklık (20–80 °C), süre (2–60 dk) ve su oranı (50-100 g/su g) işlem değişkenleri olarak alınmıştır. Bu değişkenlere bağlı olarak gerçekleştirilen üretimler sonrasında örneklerin rehidrasyon kapasitesi, a\* ve doku değerleri belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Çalışmada, işlem değişkenlerinin yanıt üzerine etkileri varyans analizi (ANOVA) yapılarak belirlenmiştir.

İşlem değişkenleri ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller çoklu lineer regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla modellere her bir değişkenin öncelikli olarak lineer etki terimleri, daha sonra “ikinci dereceden”

(kuadratik) ve “etkileşim” (interaksiyon) etki terimleri toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve “modelin matematiksel forma uygunluk” (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir. Çizelge 4.2’de gösterilen verilere göre yanıtlar için ikinci dereceden terimlerin eklenmesinin modelleri önemli ölçüde geliştirdiği belirlenmiştir. Dolayısı ile kurutulmuş domatesin rehidrasyonu için en uygun modelin ikinci dereceden polinomiyal modeller olduğu kanıtlanmıştır.

Çizelge 4.2. Box-Behnken deneme deseni deneysel yanıt değerleri

Deney no	Bağımsız değişkenler			Yanıt değişkenleri		
	Süre (dk) $x_1$	Sıcaklık (°C) $x_2$	Su oranı (örnek g/su g) $x_3$	Rehidrasyon kapasitesi	Renk a*	Doku (N)
1	31	50	75	2.48	15.15	0.65
2	31	20	100	1.47	6.50	0.95
3	60	50	50	2.52	14.05	0.59
4	60	80	75	3.23	6.04	0.47
5	2	20	75	1.20	6.60	1.56
6	60	50	100	2.41	12.28	0.49
7	31	80	100	2.53	6.58	0.56
8	31	80	50	2.50	6.63	0.69
9	31	50	75	2.33	14.23	0.53
10	31	50	75	2.30	13.84	0.56
11	60	20	75	1.85	6.87	0.85
12	2	50	50	1.32	10.52	1.21
13	31	50	75	2.03	13.67	0.65
14	2	50	100	1.28	11.57	1.10
15	2	80	75	1.43	5.65	1.44
16	31	50	75	2.28	14.35	0.67
17	31	20	50	1.50	5.49	0.85

\*Verilere ait aritmetik ortalama

Buradan elde edilen regresyon modellerinin %95 güven seviyesinde önemli olduğu Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5’de görülmektedir. p-değeri 0.05’den büyük olan etkiler istatistiksel olarak önemsiz kabul edilmiş ve bu terimler model hiyerarşisine zarar vermeden modelden çıkarılmıştır. Ayrıca kalıntı hata, deneysel dizaynın merkez noktasında yapılan gözlemlerin tekrarlanmasıyla saf deneysel hata ve matematiksel forma uygunluk (lack of fit) olarak ayrılarak incelenmiştir. Yanıt yüzey modeli için matematiksel forma uygunsuzluğun %95 güven seviyesinde önemsiz olduğu yani elde edilen modellerin matematiksel formunun deneysel veriyi temsil ettiği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).



Çizelge 4.3'te de görüldüğü gibi  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_1x_2$ ,  $x_2^2$ ,  $x_3^2$  önemli model terimleridir. Hesaplama, F-değeri 31.29 olarak bulunmuştur. Buna göre elde edilen modelin matematiksel forma uygunsuzluğu saf hataya göre önemsizdir. Analizlerde tüm regresyon modelleri %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Rehidrasyon Kapasitesi ANOVA Çizelgesi

Kaynak	Df <sup>a</sup>	Katsayı	Kareler Toplamı	p-değeri <sup>#</sup>
Model	9	2.28	5.35	<0.0001
$x_1$	1	0.46	1.70	<0.0001
$x_2$	1	0.60	2.85	<0.0001
$x_3$	1	-0.02	2.85E-003	0.7102
$x_1x_2$	1	0.29	0.33	0.0041
$x_1x_3$	1	0.02	9.12E-004	0.8328
$x_2x_3$	1	-0.02	1.29E-003	0.8017
$x_1^2$	1	-0.12	0.06	0.1226
$x_2^2$	1	-0.24	0.24	0.0096
$x_3^2$	1	-0.17	0.12	0.0431
Residual	7		0.13	
Lack of Fit	3		0.03	0.7774
Pure Error	4		0.10	
Cor Total	16		5.48	
$R^2$		0.98		
Adj $R^2$		0.94		
Pred $R^2$		0.89		
PRESS		0.63		
CV		6.76		
Yeterli Kesinlik		20.03		

<sup>a</sup> DF serbestlik derecesi (degrees of freedom)

<sup>#</sup> p-değeri ≤ 0.05 a=0.05'te önemli. Uyum eksikliği p-değeri > 0.05'te önemsizdir.

$x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dk);  $x_3$ : su oranı (örnek g/su g)

ANOVA da modelin matematiksel forma uygunluğu tüm cevap yüzey modelleri için %95 güven düzeyinde önemsiz bulmuştur. Modelin regresyon katsayısı ( $R^2$ ) 0.98 olarak

belirlenmiştir. Diğer taraftan, regresyon katsayısı ( $R^2$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı ( $\text{adj-R}^2$ ) ve değişim katsayısı (CV) model uygunluğunu denetlemek için hesaplanan değerlerdir. Modele eklenen değerler önemli olsa da olmasa da  $R^2$  değeri artış göstermektedir. Fakat yüksek  $R^2$  değeri her zaman regresyon modelinin daha iyi olduğu anlamına gelmemektedir. Bu açıdan model uygunluğunu değerlendirmede  $\text{adj-R}^2$  kullanımı daha uygundur ve %90'ın üstünde olmalıdır. Modelden önemsiz olan değerler çıkartılmışsa,  $R^2$  ve  $\text{adj-R}^2$  değerleri aynı değerdedir. CV, deneysel noktaların model önermelerine göre dağılımını ifade etmektedir ki, bu değer %6.76 olarak bulunmuştur. Tahminlenmiş çoklu regresyon katsayısı ( $\text{pre-R}^2$ ) model tarafından belirlenen yeni verilerdeki değişimlerin toplamını ölçmektedir. Genellikle bir sayısına yakın değerler ideal kabul edilmektedir. Tahminlenmiş hata kareler toplamı (PRESS) ise dizaynın her noktasına modelin ne kadar uygun olduğunu ifade eden bir parametredir. Model uygunluğunun kontrolü, önemsiz olan etkilerin ( $p>0.05$ ) azaltılması ve PRESS,  $\text{pre-R}^2$  değerleri göz önüne alınarak yapılabilmektedir. Bu analizde  $\text{pre-R}^2$  değeri 0.89 bulunmuş olup 0.94 bulunan  $\text{adj-R}^2$  değeri ile örtüşmektedir. Ayrıca, yeterli kesinliği gösteren adeq-precision değeri 20.03 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda rehidrasyon kapasitesine ait değişkenlerin kodlanmış seviyelerini gösteren çoklu regresyon Eşitlik 3.10'da gösterildiği şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{Rehidrasyon Kapasitesi} = & 2.28 + 0.46x_1 + 0.60x_2 - 0.02x_3 - 0.12x_1^2 - 0.24x_2^2 - 0.17x_3^2 + \\ & 0.29x_1x_2 + 0.02x_1x_3 - 0.02x_2x_3 \end{aligned}$$

$x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dk);  $x_3$ : su oranı (örnek g/su g) (3.10.)

Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyonunda sıcaklık, süre lineer; sıcaklık-süre interaksiyon; süre ve su oranlarının ise kuadretik etkilerinin %95 sınırları içerisinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4'te de görüldüğü gibi  $x_1^2$ ,  $x_2^2$ ,  $x_3^2$  önemli model terimleridir. Hesaplama, F-değeri 39.39 olarak bulunmuştur. Buna göre matematiksel forma uygunsuzluğu saf hataya göre önemsizdir. Analizlerde tüm regresyon modelleri %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ANOVA da modelin matematiksel forma uygunluğu tüm cevap yüzey modelleri için %95 güven düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Renk a\* ANOVA Çizelgesi

Kaynak	Df <sup>a</sup>	Katsayı	Kareler Toplamı	p-değeri <sup>#</sup>
Model	9	14.25	223.09	<0.0001
$x_1$	1	-0.07	0.04	0.8101
$x_2$	1	0.61	3.00	0.0653
$x_3$	1	0.03	7.20E-003	0.9178
$x_1x_2$	1	0.03	3.60E-003	0.9418
$x_1x_3$	1	-0.27	0.28	0.5255
$x_2x_3$	1	-0.71	1.99	0.1187
$x_1^2$	1	-6.88	199.39	<0.0001
$x_2^2$	1	-1.08	4.88	0.0271
$x_3^2$	1	-1.07	4.79	0.0281
Residual	7		4.40	
Lack of Fit	3		3.08	0.1515
Pure Error	4		1.32	
Cor Total	16		227.49	
$R^2$		0.98		
Adj $R^2$		0.96		
Pred $R^2$		0.77		
PRESS		51.35		
CV		7.93		
Yeterli Kesinlik		14.25		

<sup>a</sup> DF serbestlik derecesi (degress of freedom)

<sup>#</sup> p-değeri ≤ 0.05 a=0.05'te önemli. Uyum eksikliği p-değeri > 0.05'te önemsizdir.

$x_1$  : sıcaklık (°C);  $x_2$  : süre (dk);  $x_3$  : su oranı (örnek g/su g)

Modelin regresyon katsayısı  $R^2$  ; 0.98 olarak bulunmuştur. CV değeri %7.93 olarak bulunmuştur. Ayrıca pre- $R^2$  değeri 0.77 bulunmuş olup 0.96 bulunan adj- $R^2$  değeri ile örtüşmektedir. Ayrıca, yeterli kesinliği gösteren adeq-precision değeri 14.25 olarak bulunmuştur. Sıcaklık, süre ve su oranının lineer etkilerinin %95 güven sınırları içerisinde önemli olduğu belirlenmiştir. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda renk a\* değerine ait değişkenlerin kodlanmış seviyelerini gösteren çoklu regresyon Eşitlik 3.11'de gösterildiği şekildedir:

$$\text{Renk } a^* = 14.25 - 0.07x_1 + 0.61x_2 + 0.03x_3 - 6.88x_1^2 - 1.08x_2^2 - 1.07x_3^2 + 0.03x_1x_2 - 0.27x_1x_3 - 0.71x_2x_3$$

$x_1$  : sıcaklık (°C);  $x_2$  : süre (dk);  $x_3$  : su oranı (örnek g/su g) (3.11.)

Çizelge 4.5. Doku değeri ANOVA Çizelgesi

Kaynak	Df <sup>a</sup>	Katsayı	Kareler Toplamı	p-değeri <sup>#</sup>
Model	9	0.61	1.72	<0.0001
$x_1$	1	-0.13	0.14	0.0026
$x_2$	1	-0.36	1.05	<0.0001
$x_3$	1	-0.03	6.58E-003	0.3473
$x_1x_2$	1	-0.07	0.02	0.1464
$x_1x_3$	1	-0.06	0.01	0.2050
$x_2x_3$	1	1.00E-003	4.00E-006	0.9809
$x_1^2$	1	0.19	0.15	0.0019
$x_2^2$	1	0.28	0.32	0.0002
$x_3^2$	1	-0.04	6.28E-003	0.3577
Residual	7		0.05	
Lack of Fit	3		0.03	0.1996
Pure Error	4		0.02	
Cor Total	16		1.76	
$R^2$		0.97		
Adj $R^2$		0.94		
Pred $R^2$		0.72		
PRESS		0.50		
CV		9.92		
Yeterli Kesinlik		16.89		

<sup>a</sup> DF serbestlik derecesi (degress of freedom)

<sup>#</sup>p-değeri≤0.05 a=0.05'te önemli. Uyum eksikliği p-değeri>0.05'te önemsizdir.

$x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dk);  $x_3$ : su oranı (örnek g/su g)

Çizelge 4.5'te de görüldüğü gibi  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_1^2$ ,  $x_2^2$  önemli model terimleridir. Hesaplama, F-değeri 29.44 olarak bulunmuştur. Buna göre modelin matematiksel forma uygunsuzluğu saf hataya göre önemsizdir. Analizlerde tüm regresyon modelleri %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ANOVA da modelin matematiksel forma uygunluğu tüm cevap yüzey modelleri için %95 güven düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Modelin regresyon katsayısı  $R^2$ ; 0.97 olarak CV değeri %9.92 olarak belirlenmiştir. Ayrıca pre- $R^2$  değeri 0.72; adj- $R^2$  değeri 0.94 yeterli kesinlik (adeq-precision) değeri 16.89 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda doku değerlerine ait değişkenlerin kodlanmış seviyelerini gösteren çoklu regresyon Eşitlik 3.12'de gösterildiği şekildedir:

$$Doku (N) = 0.61 - 0.13x_1 - 0.36x_2 - 0.03x_3 + 0.19x_1^2 + 0.28x_2^2 - 0.04x_3^2 - 0.07x_1x_2 - 0.06x_1x_3 + 1.00E-003x_2x_3$$

$x_1$  : sıcaklık (°C);  $x_2$  : süre (dk);  $x_3$  : su oranı (örnek g/su g)

(3.12.)

Ultrasonik rehidrasyon koşullarının doku değerine etkisi üzerine sıcaklık ve süre lineer; yine sıcaklık ve sürenin kuadretik etkilerinin %95 güven sınırları içerisinde önemli olduğu saptanmıştır.

Ultrasonik rehidrasyon için optimum işlem koşulları istenilirlik fonksiyonu (desirability function) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Optimum noktaların seçiminde en yüksek rehidrasyon oranı ve en yüksek a\* değeri ile en yumuşak doku değerini sağlayan altı optimum nokta istenilirlik fonksiyonu değeri %85-100 koşulunu sağlayacak şekilde seçilmiştir. Seçilen bu 6 noktada üretimler yapılarak deneysel ve tahmini değerler kıyaslanmıştır. Belirlenen optimum noktalar ve bu noktalardaki deneysel ve tahmini veriler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Değerlerin istatistiksel sonuçları ise (Ek) Çizelge A.1-Çizelge A.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Belirlenen optimum noktalardaki değerleri

Örnek <sup>#</sup>	Rehidrasyon		Renk a*		Doku (N)	
	Tahmini	Deneysel	Tahmini	Deneysel	Tahmini	Deneysel
U-35°C/23 dk/90 ml	1.80	1.82±0.03 <sup>d</sup>	12.20	12.17±0.69 <sup>b</sup>	0.82	0.81±0.09 <sup>a</sup>
<b>U-46°C/56 dk/85 ml</b>	<b>2.49</b>	<b>2.53±0.07<sup>c</sup></b>	<b>13.47</b>	<b>13.02±0.98<sup>a</sup></b>	<b>0.51</b>	<b>0.51±0.15<sup>bc</sup></b>
<b>U-58°C/54 dk/72 ml</b>	<b>2.79</b>	<b>2.82±0.16<sup>b</sup></b>	<b>13.58</b>	<b>13.09±1.63<sup>a</sup></b>	<b>0.46</b>	<b>0.46±0.13<sup>c</sup></b>
U-62°C/33 dk/84 ml	2.46	2.55±0.17 <sup>c</sup>	12.89	12.94±1.48 <sup>a</sup>	0.54	0.54±0.11 <sup>b</sup>
U-79°C/56 dk/73 ml	3.21	3.33±0.08 <sup>a</sup>	7.42	7.49±0.84 <sup>c</sup>	0.51	0.51±0.10 <sup>bc</sup>
U-79°C/59 dk/68 ml	3.24	3.31±0.06 <sup>a</sup>	7.54	7.46±0.42 <sup>c</sup>	0.52	0.53±0.07 <sup>b</sup>

<sup>#</sup>U-kodu ultrason uygulamasını ifade etmektedir.

<sup>a,b,c</sup> harfleri uygulamalara ait p≤0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir.

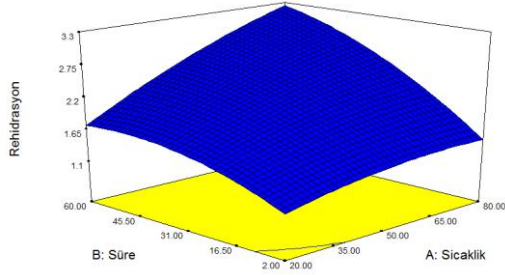
Bu 6 noktadan deneysel değerlere en uygun 2 optimum nokta seçilmiş ve çalışmanın bundan sonraki bölümü bu optimum noktalar kullanılarak yürütülmüştür.

Optimum noktalar seçilirken ilk önce tahmini değerler ile deneysel değerler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bunun için deneysel değerlere ait standart sapmalarda göz önünde

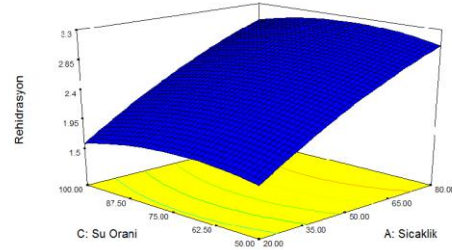
bulundurularak tahmini değerler ile kıyas yapılmıştır. Bu kıyaslamada örneklerin rehidrasyon kapasiteleri, renk a\* ve doku değerleri de birlikte düşünülerek karar verilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Belirlenen optimum noktalarda dokunun yumuşak, renk a\* ve rehidrasyon kapasitesinin ise maksimum olması istenmiştir. Buna göre Çizelge 4.6'daki veriler incelendiğinde U-46°C/56 dk/85 ml ile U-58°C/54 dk/72 ml örnekler optimum nokta olarak belirlenmiştir. Bu optimum noktalara ait rehidrasyon kapasitesi, renk a\* ve doku değerlerinin 3 boyutlu cevap yüzey grafikleri şekil 4.1 ve şekil 4.2'de verilmiştir.

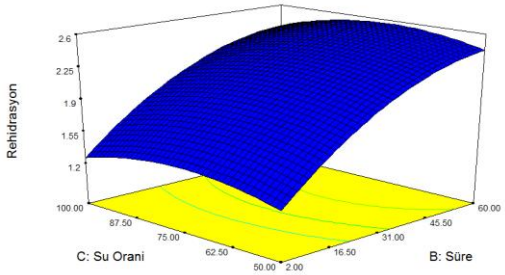
a)



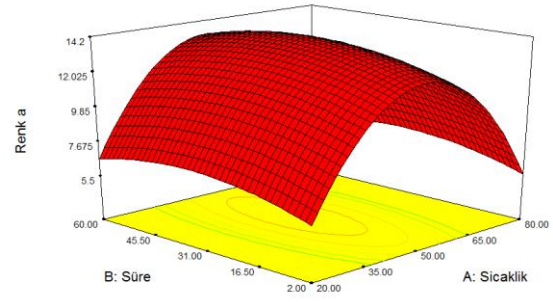
b)



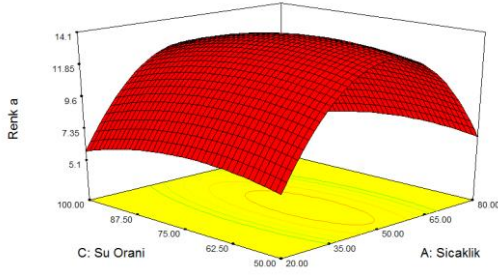
c)



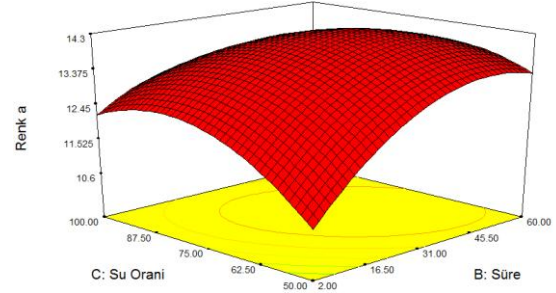
d)



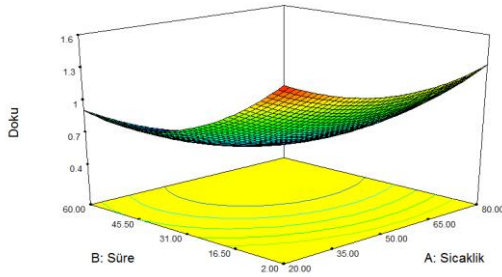
e)



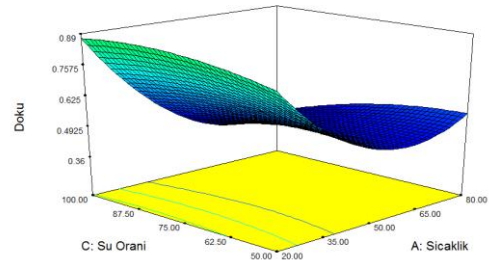
f)



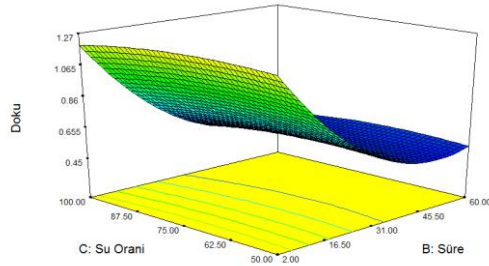
g)



ğ)



h)



Şekil 4.1. Optimizasyon aşamasında rehidrasyon kapasitesi, renk a\* ve doku değerlerinin seçilmesiyle oluşturulan 3D yanıt yüzey grafikleri, rehidrasyon kapasitesi üzerine (a) sıcaklık ve süre, (b) sıcaklık ve su oranı, (c) süre ve su oranı; renk a\* üzerine (d) sıcaklık ve süre, (e) sıcaklık ve su oranı, (f) süre ve su oranı; doku üzerine (g) sıcaklık ve süre, (ğ) sıcaklık ve su oranı, (h) süre ve su oranı

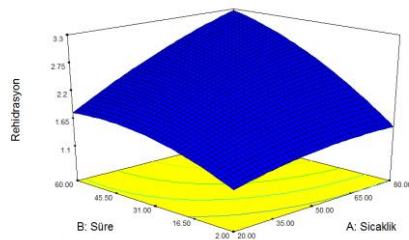
Şekil 4.1'deki rehidrasyon grafikleri incelendiğinde; rehidrasyon kapasitesinin sıcaklık ve süre arttıkça arttığı (Şekil 4.1 a) görülmüştür. Sıcaklık ve su oranının rehidrasyon kapasitesine etkisi incelendiğinde; sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitesinin arttığı, su oranından ise etkilemediği görülmüştür (Şekil 4.1 b). Su oranı ve sürenin rehidrasyon kapasitesi üzerine etkisi incelendiğinde; Süre arttıkça rehidrasyon kapasitesinin arttığı, su oranından ise etkilenmediği gözlenmiştir (Şekil 4.1 c).

Şekil 4.1'deki renk a\* grafikleri incelendiğinde; renk a\* değerinin sıcaklık ve süre parametreleri karşısındaki değişiminde sıcaklığın belirleyici olduğu görülmüştür (Şekil 4.1 d). Yine benzer şekilde renk a\* değerinin sıcaklık ve su oranı parametrelerine göre değişiminde sıcaklık belirleyici olmuştur (Şekil 4.1 e). Diğer grafik incelendiğinde ise renk a\* değerinin su oranı ve süre arttıkça arttığı görülmüştür (Şekil 4.1 f).

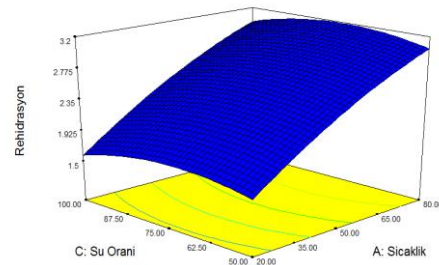
Şekil 4.1'deki doku grafikleri incelendiğinde; doku değerinin sıcaklık ve süre arttıkça bir miktar arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.1 g). Doku değerinin sıcaklık ve su oranına göre değişimine bakıldığında; sıcaklık artışının belirli noktadan sonra dokuyu yumuşattığı, su oranındaki artış ise dokuyu sertleştirmiştir (Şekil 4.1 ğ). Doku değerinin su oranı ve süre karşısındaki değişimine bakıldığında; dokunun süre arttıkça yumuşadığı, su oranından ise etkilenmediği görülmüştür (Şekil 4.1 h).

Tüm bu değerlendirmeler ışığında rehidrasyon kapasitesi, renk a\* ve dokunun seçildiği cevap yüzey grafiklerinden şu sonuçlar elde edilmiştir. Sıcaklık artışının rehidrasyon kapasitesini arttırdığı ancak renk a\*'yı azalttığı ve dokuyu sertleştirdiği tespit edilmiştir. Süre artışına bakıldığında rehidrasyon kapasitesi ve renk a\* değerinin arttığı, dokunun yumuşadığı görülmüştür. Su oranındaki artış renk a\* değerini arttırmış, rehidrasyon kapasitesi ve dokuyu etkilememiştir. Tüm bunlara bakılarak sıcaklık değerinin renk a\* değerinin sınırlayıcı olmasından dolayı orta değerlerde olması gerektiği, süre ve su oranının ise yüksek değerlerde olmasının uygun olacağı anlaşılmaktadır. Buna göre Çizelge 4.6'daki veriler incelendiğinde U-46°C/56 dk/85 ml su örneği optimum nokta olarak seçilmiştir.

a)

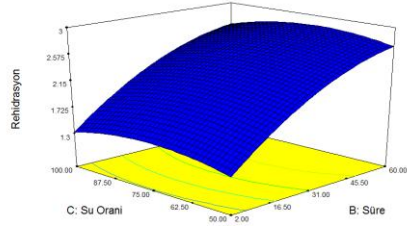


b)

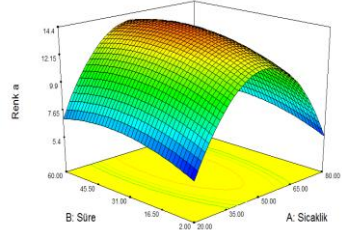




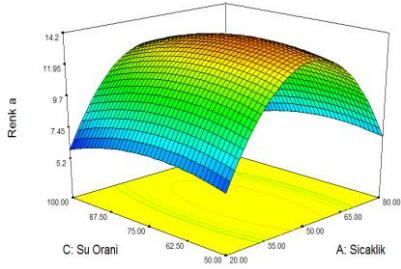
c)



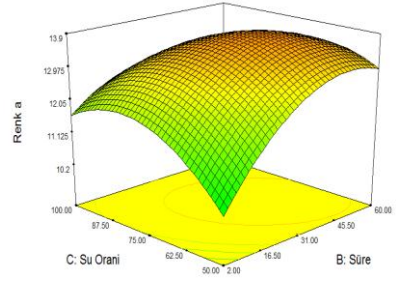
d)



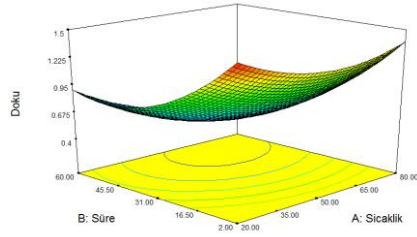
e)



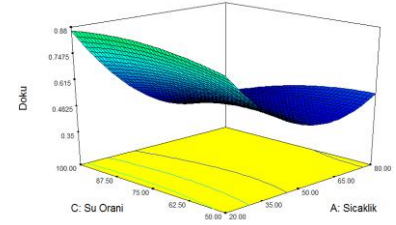
f)



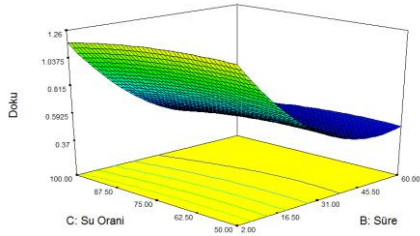
g)



ğ)



h)



Şekil 4.2. Optimizasyon aşamasında rehidrasyon kapasitesi ve renk a\* değerinin maksimum, doku değerlerinin ise minimum seçildiği 3D yanıt yüzey grafikleri, rehidrasyon kapasitesi üzerine (a) sıcaklık ve süre, (b) sıcaklık ve su oranı, (c) süre ve su oranı; renk a\* üzerine (d) sıcaklık ve süre, (e) sıcaklık ve su oranı, (f) süre ve su oranı; doku üzerine (g) sıcaklık ve süre, (ğ) sıcaklık ve su oranı, (h) süre ve su oranı

Şekil 4.2'deki rehidrasyon grafikleri incelendiğinde; rehidrasyon kapasitesinin sıcaklık ve süre arttıkça arttığı (Şekil 4.2 a) görülmüştür. Sıcaklık ve su oranının rehidrasyon kapasitesi değişimine etkisi incelendiğinde; rehidrasyon kapasitesinin sıcaklık arttıkça arttığı, su oranından ise etkilenmediği gözlenmiştir (Şekil 4.2 b). Su oranı ve sürenin rehidrasyon kapasitesine etkisine bakıldığında ise; süre arttıkça rehidrasyon kapasitesinin arttığı, su oranının ise rehidrasyon kapasitesini etkilemediği görülmüştür (Şekil 4.2 c).

Şekil 4.2'deki renk a\* grafikleri incelendiğinde; renk a\* değerinin sıcaklık ve süre parametreleri karşısındaki değişiminde sıcaklığın belirleyici olduğu görülmüştür (Şekil 4.2 d). Yine benzer şekilde renk a\* değerinin sıcaklık ve su oranı parametrelerine göre değişiminde sıcaklık belirleyici olmuştur (Şekil 4.2 e). Diğer grafikte ise renk a\* değerinin su oranı ve süre arttıkça arttığı görülmüştür (Şekil 4.2 f).

Şekil 4.2'deki doku grafikleri incelendiğinde; doku değerinin sıcaklık ve süre arttıkça bir miktar arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.2 g). Doku değerinin sıcaklık ve su oranına göre değişimine bakıldığında; sıcaklık artışının belirli noktaya kadar dokuyu yumuşattığı daha sonra dokunun sertleştiği, su oranındaki artış ise dokuyu sertleştirmiştir (Şekil 4.2 ğ). Doku değerinin su oranı ve süre karşısındaki değişimine bakıldığında; dokunun süre arttıkça yumuşadığı, su oranından ise etkilenmediği görülmüştür (Şekil 4.2 h).

Tüm bu değerlendirmeler ışığında rehidrasyon kapasitesi ve renk a\*'nın maksimum, dokunun minimum olarak seçildiği cevap yüzey grafiklerinden şu sonuçlar elde edilmiştir. Sıcaklık artışının rehidrasyon kapasitesini arttırdığı, belirli noktadan sonra bu artışın dokuyu sertleştirdiği ve renk a\*'yı azalttığı tespit edilmiştir. Süre artışına bakıldığında rehidrasyon kapasitesi ve renk a\* değerinin arttığı, dokunun yumuşadığı görülmüştür. Su oranındaki artış rehidrasyon kapasitesini etkilememiş, dokuyu sertleştirmiş ve renk a\* değerini arttırmış. Tüm bunlara bakılarak optimum noktanın sıcaklığının ılımlı sıcaklıkta, rehidrasyon süresinin uzun, su oranında fazla olması gerekir. Buna göre Çizelge 4.6'daki veriler incelendiğinde U-58°C/54 dk/72 ml su örneği optimum nokta olarak seçilmiştir.

### 4.3. Ultrasonik Rehidrasyon ve Geleneksel Rehidrasyon Uygulamaları

Rehidrasyon işlemi, belirlenen optimum noktalarda ve yapılan çalışmalardan seçilen yöntemlerde gerçekleştirilmiştir. Optimum nokta olarak (46°C/56 dk/85 ml, 58°C/54 dk/72 ml) seçilen örneklerde hem ultrasonik hem de ultrasonik olmayan rehidrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu 2 optimum noktaya ek olarak literatürden belirlenen 3 rehidrasyon koşulunda rehidrasyon işlemi geleneksel yollarla gerçekleştirilmiştir.

Geleneksel rehidrasyon uygulamaları, 200 ml (her 5 gr örnek için) distile su içerisinde, 25°C'de 24 saat (Doymaz, 2007); 150 ml (her 5 gr için) kaynar distile su içerisinde 5 dakika (Rajkumar ve ark., 2007); 100 ml (her 1 gr için) distile su içerisinde, 25°C'de 50 dakika (Santos-Sanchez ve ark., 2012) süreyle gerçekleştirilmiştir.

#### 4.3.1. Rehidrasyon kapasitelerinin belirlenmesi

Belirtilen bu noktalar ve bulunan sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışılan rehidrasyon noktaları ve bulunan değerler

Örnek*	Rehidrasyon Kapasitesi		
	Optimizasyon ve literatüre göre belirlenen rehidrasyon kapasiteleri	Deneysel olarak bulunan	Gerçekleşme oranı**
U- 46°C/56dk/85 ml	2.49	2.57±0.19 <sup>c</sup>	102.99
G-46°C/56 dk/85 ml	2.49	2.14±0.01 <sup>d</sup>	86.00
U-58°C/54dk/72 ml	2.79	2.87±0.15 <sup>b</sup>	102.94
G-58°C/54 dk/72 ml	2.79	2.46±0.05 <sup>c</sup>	85.46
G-25°C/50 dk/100 ml	3.7-4.8	1.74±0.10 <sup>c</sup>	36.32-47.12
G-100°C/5dk/50ml	2.95-3.24	2.04±0.22 <sup>d</sup>	62.96-69.15
G-25°C/1440 dk/200 ml	4.5	4.70 <sup>a</sup>	104.46

\*U-kodlu örnekler ultrason uygulanan, G-kodlu örnekler ise ultrason uygulanmayan geleneksel rehidrasyon uygulamalarını ifade etmektedir.

\*\*Rehidrasyon kapasitesindeki gerçekleşme oranı (%) belirlenen/beklenen olası değere göre hesaplanmıştır.

<sup>a,b,c,d</sup> harfleri uygulamalara ait p≤0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir.

Çalışılan noktalardaki örneklerin rehidrasyon kapasiteleri sayısal değerler baz alınarak oransal olarak karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.7'deki verilere göre işlemler sonunda, en yüksek rehidrasyon kapasitesi (4.70) ile G-25°C/1440 dk/200 ml su koşulunda, en düşük rehidrasyon kapasitesi (1.74) ise G-25°C/50 dk/100 ml su koşulunda gerçekleşmiştir.

Optimum noktalarda rehidrasyon kapasitesi en yüksek 2.87 ile U-58°C/54dk/72 ml su örnekte gerçekleşmiştir. Optimum noktalarda gerçekleşen rehidrasyon kapasitesi literatürden seçilen (G-25°C/1440 dk/200 ml) bir nokta hariç hepsinden daha iyi bulunmuştur. Ancak bu noktanın 24 saat gibi uzun bir rehidrasyon süresine karşılık gelmesi kullanılabilirlik açısından kısıtlayıcıdır. Uygulanan farklı koşulların rehidrasyon kapasitesi üzerine etkisinin varlığı doğrulanmıştır. Ayrıca istatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Literatürde, rehidrasyon kinetiği ile ilgili pek çok yayına ulaşılabilmektedir (Krokida ve Marinos-Kouris., 2003; Latapı ve Barrett 2006; Doymaz, 2007; Rajkumar ve ark., 2007; Goula ve Adamopoulos 2009; Sánchez ve ark., 2012). Bunlardan Krokida ve Marinos-Kouris (2003), kurutulmuş çeşitli meyve ve sebzelerin (elma, patates, havuç, muz, biber, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, bezelye, mısır, balkabağı ve domates) farklı sıcaklıklarda rehidrasyon sırasında rehidrasyon kinetiğini incelemiştir. Elde edilen modelin parametrelerinin rehidrasyon sırasında su sıcaklığından büyük ölçüde etkilendiği bulunmuştur. Özellikle sıcaklık artışının, rehidrasyon hızını arttırdığı tespit edilmiştir.

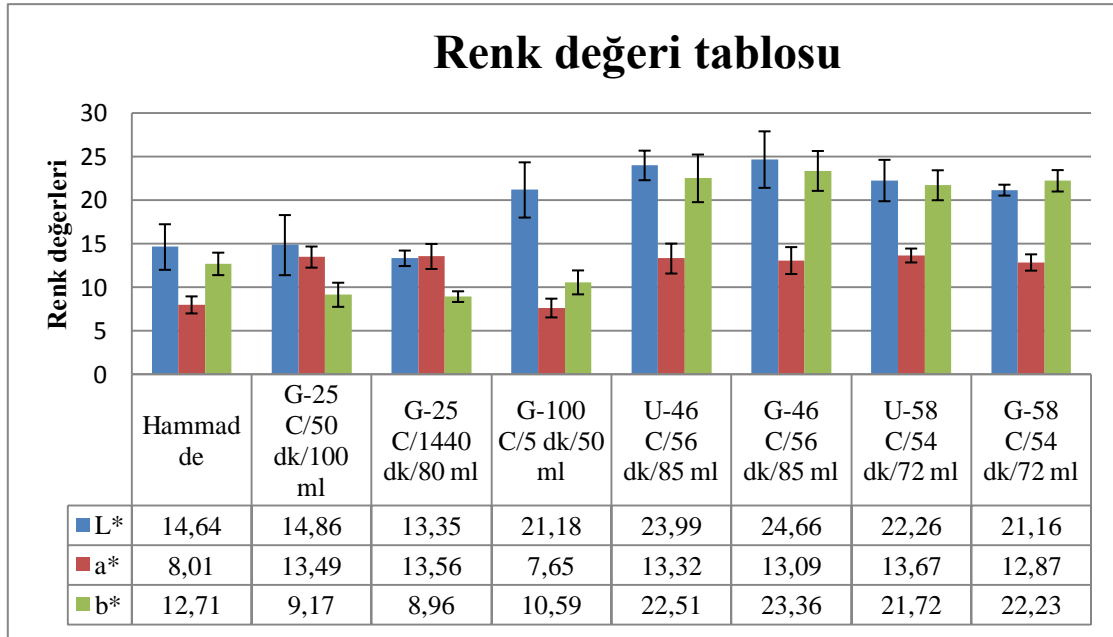
Yine çalışmalar incelendiğinde domatesler kurutma işleminden önce kalsiyum klorür (Lewicki ve ark., 2002; Lewicki ve Michaluk, 2004), sodyum klorür (Sacilik ve ark., 2006), sodyum klorür-sukroz (Kross ve ark., 2004), etil oleat-potasyum karbonat (Doymaz, 2007), gibi çözeltilere daldırılarak araştırmalar yapılmıştır. Ancak domateslerin kurutulmasında ultrason uygulaması ile ilgili çalışma sayısı azdır. Farklı sebze ve meyvelerde yapılan çalışmalara bakıldığında Zhao ve ark. (2018) tarafından ultrason ön işleminin kızılötesi kurutmaya birleştirilmesinin, mantar ürününün üretilmesi için daha iyi görünüm, doku ve rehidrasyon özelliği sağladığı bulunmuştur. Tüfekçi ve Özkal (2017) bamyanın kurutma öncesi ultrason uygulamasının kurutma hızını ve rehidrasyon kabiliyetini olumlu etkilediği bildirilmiştir. Yine Zhang ve ark. (2016) tarafından kurutulmuş deniz hıyarlarının rehidrasyon etkinliklerinin ultrason yardımı ile önemli oranda artırıldığı belirtilmiştir. Jambrak ve ark. (2007), ultrasonla işlenmiş, kurutulmuş brüksel lahanası, karnabahar tohumları ve mantarların rehidrasyon kabiliyetinin referans numunelere kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Ultrasonik muamele uygulanan optimum noktalarda (U-46°C/56 dk/85 ml, U-58°C/54 dk/72 ml su) rehidrasyon kapasitesindeki gerçekleşme oranı sırasıyla %102.99; %102.94 şeklinde saptanmış iken ultrasonik muamele uygulanmayan optimum noktalarda (G-46°C/56 dk/85 ml, G-58°C/54 dk/72 ml su) ise rehidrasyon kapasitesindeki gerçekleşme oranı sırasıyla %86.00; %85.46 olarak hesaplanmıştır. Optimum noktalarda ultrason uygulanan örneklerin uygulanmayan örneklere göre rehidrasyon kapasitelerinin arttığı deneysel olarak doğrulanmıştır. Bu sonuca uyumlu olarak Horuz ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada ultrasonik ön işlem (0, 20 ve 40 dk) uyguladıkları domates örneklerini mikrodalga destekli (120, 150 ve 180 W) sıcak hava (60°C) ile kurutmuşlardır. Rehidrasyon kapasitesi ultrasonik ön işlem uygulanan örneklerde uygulanmayanlara göre yüksek tespit etmişlerdir.

Çalışmada kurutulmuş domates örnekleri birbiriyle kıyaslandığında optimum noktalarda rehidrasyon kapasitesi en yüksek U-58°C/54 dk/72 ml koşullarında bulunmuştur. Bulunan sonuca uyumlu olarak Krokida ve Kouris (2003) bazı meyve ve sebzelerde (elma, patates, havuç, muz, karabiber, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, bezelye, mısır, balkabağı ve domates) optimum rehidrasyon oranını 60°C olarak belirlemiştir. Yine Sánchez ve ark. (2012) kurutulmuş domates örneklerini 20 ila 1440 dakika arasında değişen farklı zamanlarda rehidre etmiştir. 60°C ve 0.6 m/s'de yapılan deney için maksimum rehidrasyon oranı (DM başına 4.8 kg 0.6 kg H<sub>2</sub>O) elde edilmiştir. Doymaz (2007) domates için rehidrasyon hızını 65°C'de diğer sıcaklıklara göre daha hızlı gerçekleştiğini tespit etmiştir.

#### **4.3.2. Renk**

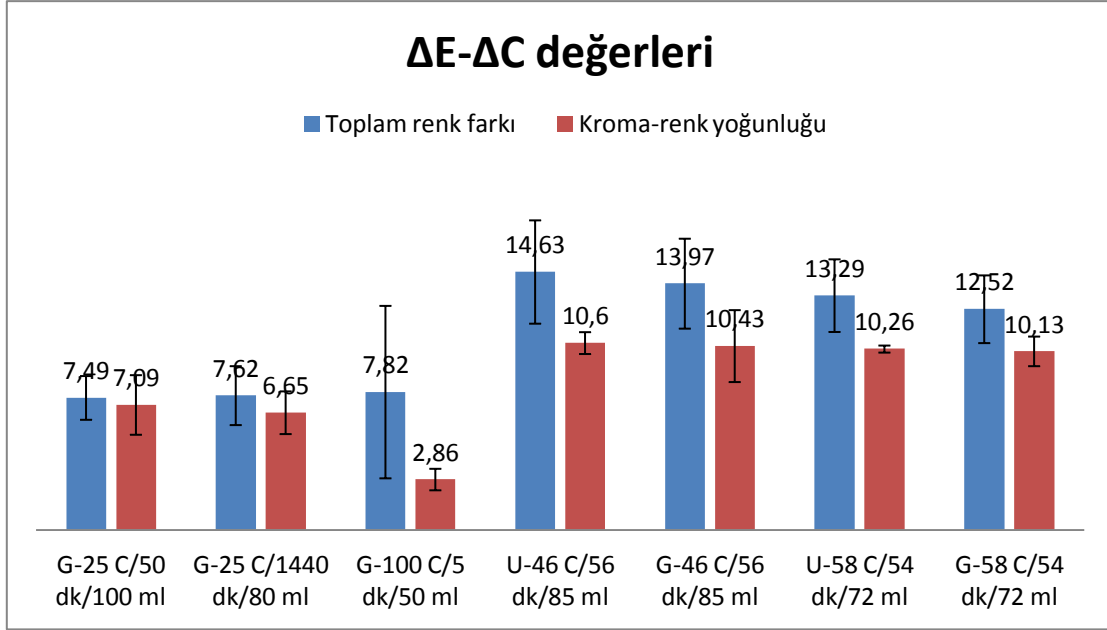
Renk değerlerine (L\*, a\*, b\*, ΔE, ΔC, Hue açısı) ait sonuçlar Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.5-Çizelge A.10'da belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Rehidre edilmiş kuru domateslere ait renk değerleri (L\*, a\*, b\*)

Veriler incelendiğinde örneklerin parlaklık (L\*) değerinin optimum noktalarda (G-46°C/56 dk/85 ml) en parlak (L\*=24,66) iken, literatürden seçilen örneklerde ise (G-25°C/1440 dk/200 ml) en düşük parlaklıkta (13.35) olduğu bulunmuştur. Uygulanan işlem koşullarının (sıcaklık, süre ve su oranı) parlaklığı etkilediği gözlenmiştir. Sıcaklık arttıkça parlaklığın arttığı belirlenmiştir. Yine veriler incelendiğinde en sarı örnek, G-46°C/56 dk/85 ml su uygulanan örnek iken (b\*=23,36), en kırmızı olan ise U-58°C/54 dk/72 ml su uygulanan örnek (a\*=13,67) olmuştur. En düşük renk a\* değeri (7.65) 100°C/5 dk/50 ml su uygulanan örnekte belirlenmiştir. Optimum noktalara bakıldığında ultrason uygulamasının örneklerin renk a\* değerlerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Optimum nokta olarak seçilen tüm örneklerin parlaklık (L\*), kırmızılık (a\*) ve sarılık (b\*) değerleri literatürden seçilen örneklere göre daha iyi bulunmuştur. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (p≤0.05).

Horuz ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ultrasonik ön işlem (0, 20 ve 40 dk) uyguladıkları domates örneklerini mikrodalga destekli (120, 150 ve 180 W) sıcak hava (60°C) ile kurutmuşlardır. Ultrasonik ön işlem uygulama süresi arttıkça renk L\* ve a\* değerinin arttığı bulunmuştur. Bunun renk değişiminden sorumlu enzimlerin yok edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.4. Rehidre edilmiş kuru domateslere ait  $\Delta E$ -  $\Delta C$  değerleri

Toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) ve kroma-renk yoğunluğu değerleri ( $\Delta C$ ) açısından en yüksek  $\Delta E$  değeri U-46°C/56 dk/85 ml su grubuna aittir (14.63), en düşük değer ise literatürden seçilen (G-25°C/50 dk/100 ml) örnekte bulunmuştur (7.49).  $\Delta C$  değeri en yüksek grup, yine U-46°C/56 dk/85 ml su grubu olurken (10.60) en düşük değer yine literatürden seçilen (G-100°C/5 dk/50 ml) örnekte görölmüştür (2.86).  $\Delta E$  ve  $\Delta C$  değerleri optimum noktalarda en iyi sonucu vermiştir. Uygulanan farklı tekniklerin renk farklılığı ( $\Delta E$ ) ve renk yoğunluğu ( $\Delta C$ ) üzerine etkisi bulunmuştur. Ayrıca istatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Çizelge 4.8. Çalışılan rehidrasyon koşullarında hue açısı değerleri

Örnek*	Hue açısı
Hammadde	34.78±7.11 <sup>bc</sup>
G-25°C/50 dk/100 ml	84.48±5.92 <sup>a</sup>
G-25°C/1440 dk/200 ml	86.86±3.25 <sup>a</sup>
G-100°C/5dk/50ml	41.64±5.12 <sup>b</sup>
U-46°C/56dk/85 ml	33.92±3.04 <sup>bc</sup>
G-46°C/56 dk/85 ml	32.18±2.32 <sup>c</sup>
U-58°C/54dk/72 ml	35.81±1.20 <sup>bc</sup>
G-58°C/54 dk/72 ml	33.23±2.71 <sup>c</sup>

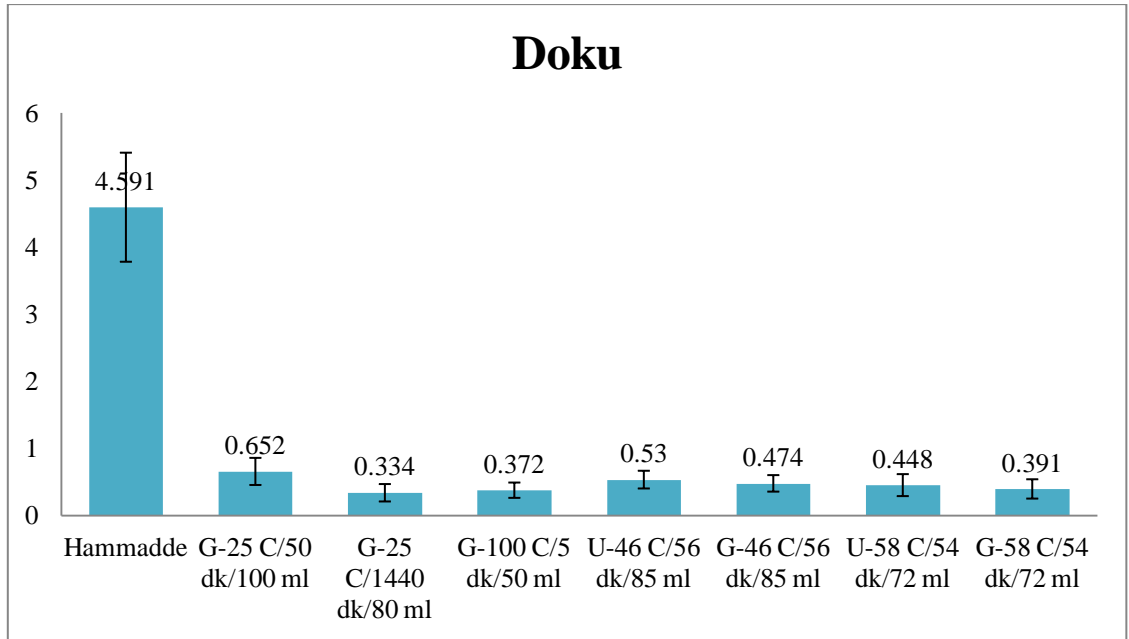
\*U-kodlu örnekler ultrason uygulanan, G-kodlu örnekler ise ultrason uygulanmayan geleneksel rehidrasyon uygulamalarını ifade etmektedir.

<sup>a,b..</sup> harfleri uygulamalara ait  $p \leq 0.05$  seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir.

Veriler incelendiğinde en yüksek hue açısı değeri (86.86) ile G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte, en düşük hue açısı değeri (32.18) ise G-46°C/56 dk/85 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. Hammaddeye en yakın hue açısı değeri optimum nokta olarak belirlenen örneklerde görülmüştür. Optimum noktalarda uygulanan ultrason uygulamasının hue açısı değerini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca istatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.3.3. Doku

Örneklerin doku değerleri (N) Şekil 4.2’de verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.11’de belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Rehidre edilmiş kuru domateslere ait doku değerleri

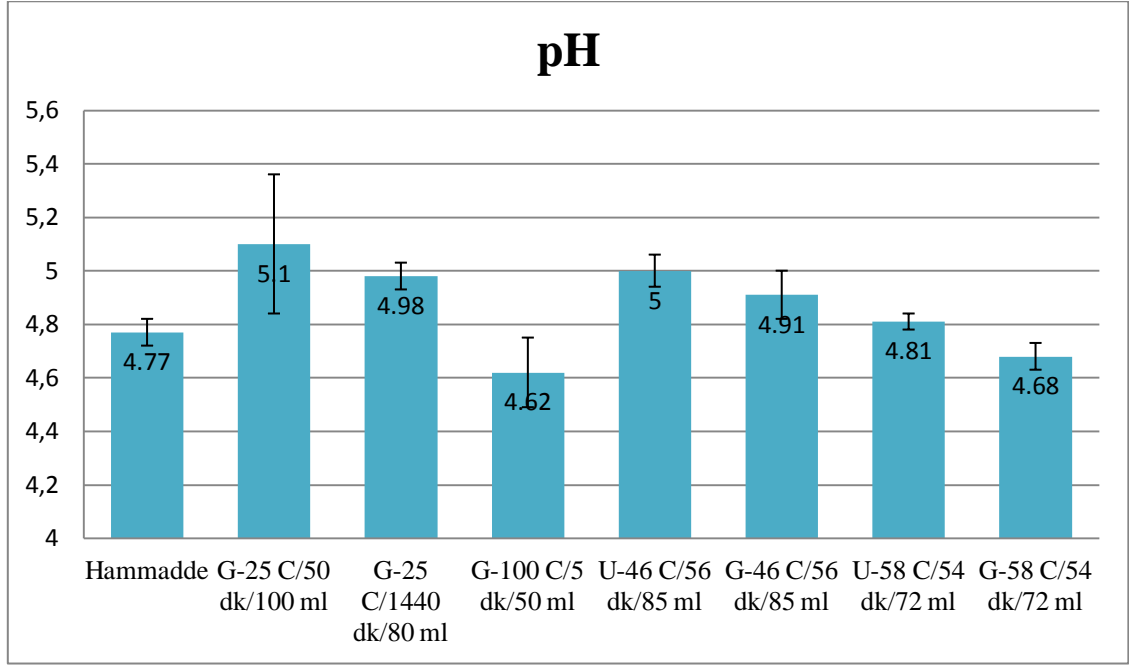
Çalışmada örneklerin doku değerleri 0.334-4.591 N arasında değişmektedir. Sonuçlar incelendiğinde hammaddenin doku değeri 4.591 N; literatürden seçilerek rehidre edilen örneklerin doku değeri 0.372-0.652 N; optimum noktalarda rehidre edilen örneklerin doku değeri ise 0.391-0.530 N arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre en yüksek doku değeri (4.591 N) hammaddede bulunmuştur. En düşük doku değeri (0.334 N) G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte belirlenmiştir. Optimum noktalarda en yüksek doku değeri (0.530 N) U-46°C/56 dk/85 ml su uygulamasında bulunmuştur. Optimum noktalara bakıldığında ultrason uygulamasının örneklerin doku değerlerini



olumlu yönde etkilediği görülmüştür. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.3.4. pH değerleri

Örnek gruplarına ait pH değerleri Şekil 4.3’de verilmiştir. Verilere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.12’de belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait pH değerleri

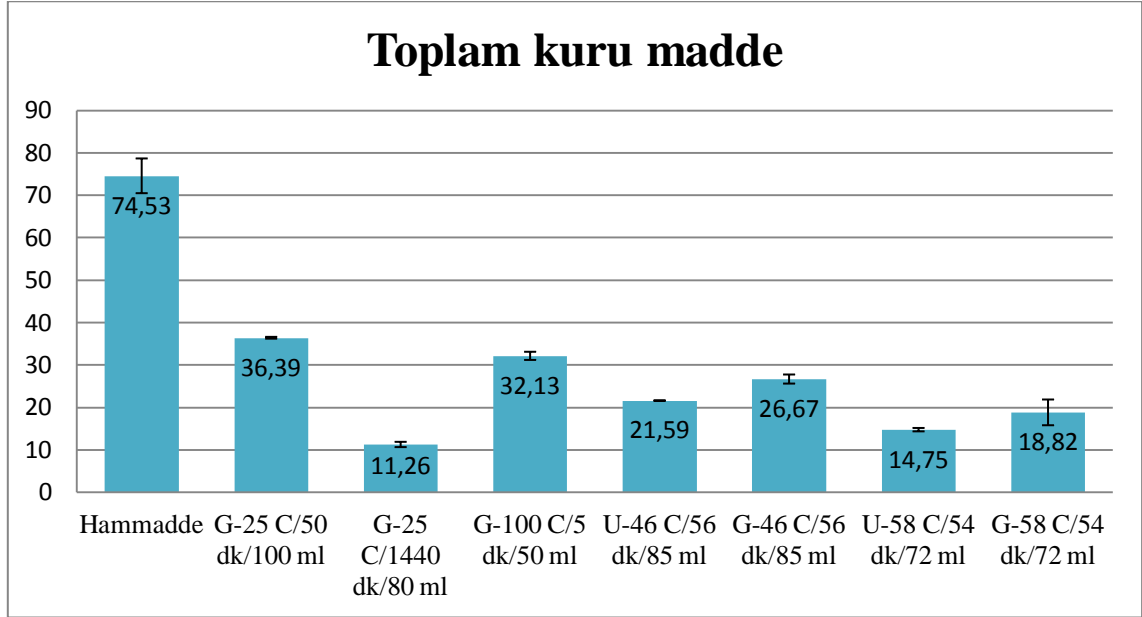
Çalışmada, örneklerin pH değerleri hammadde için 4.77; literatürden seçilerek rehidre edilen örnekler için 4.62-5.10; optimum noktalarda rehidre edilen örneklerde ise 4.68-5.00 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre örneklerin pH değeri uygulanan sıcaklık arttıkça azalmış olup en düşük pH değeri (4.62) G-100°C/5 dk/50 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. Optimum noktalara bakıldığında ultrason uygulanan örneklerin pH değerlerinin uygulanmayan örneklere göre arttığı görülmüştür. Optimum noktalarda en yüksek pH değeri (4.81) U-58°C/54 dk/72 ml uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Önceki çalışmalarda belirtildiği gibi; domateslerde pH değerleri çeşide göre değişim göstermekle beraber; taze domates için 4.83; güneşte kurutulmuş domatesler için 4.41;

hava ile kurutulmuş örnekler için ise 4.57 olarak belirlenmiştir (Mechlouch ve ark., 2012).

#### 4.3.5. Toplam kuru madde

Örnek gruplarının toplam kuru madde değerleri Şekil 4.4’de verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.13’de belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait toplam kuru madde değerleri

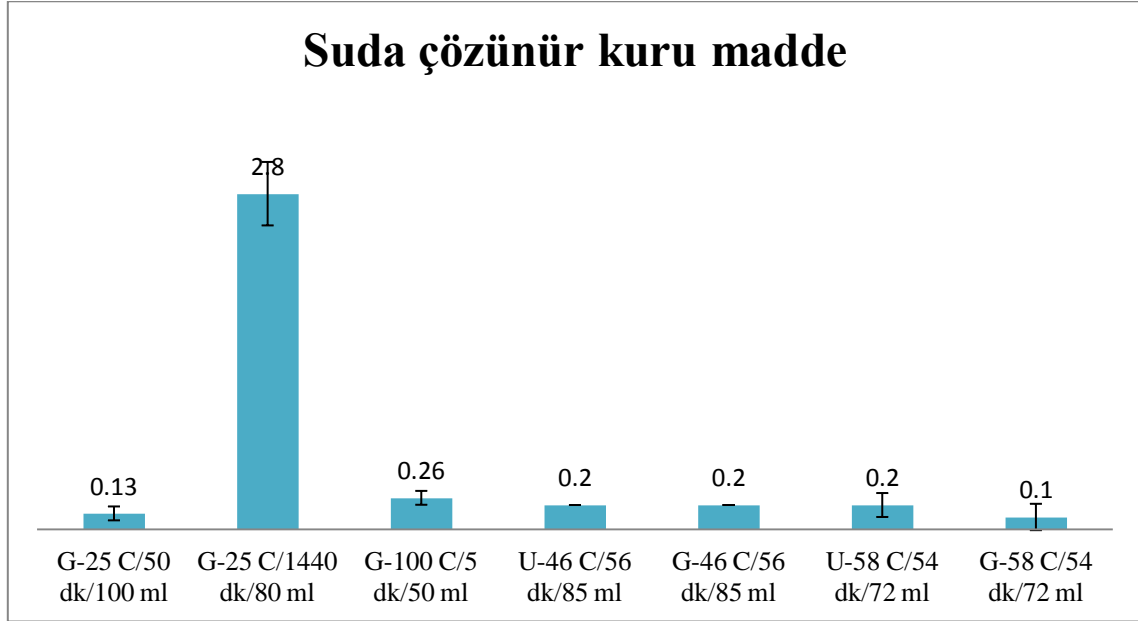
Çalışmadaki örneklerin toplam kuru madde değerleri %11.26-74.53 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre en yüksek toplam kuru madde değeri (%74.53) hammaddeye ait örnekte bulunmuştur. En düşük toplam kuru madde değeri (%11.26) G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte belirlenmiştir. Optimum noktalarda yapılan üretimler incelendiğinde ultrason uygulanan örneklerin toplam kuru madde değerlerinin uygulanmayan örneklere göre azaldığı görülmüştür. Optimum noktalarda en yüksek toplam kuru madde değeri (%26.67) G-46°C/56 dk/85 ml su uygulamasında bulunmuştur. Uygulanan farklı teknik ve koşulların örneklerin toplam kuru madde değerleri üzerine etkisi bulunmuştur. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Yapılan çalışmalarda, ultrasonik ön işleme tabi tutulan meyvelerin çözünen katı maddelerini sıvı ortamda kaybettiği bilinmektedir. Ultrasonik banyoda 30 dakika

muamele edilen meyvedeki şekerlerin %21.3 oranında, glukoz miktarının ise %11.0 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Fernandes ve Sueli, 2007).

#### 4.3.6. Suda çözümlü kuru madde

Örnek gruplarının suda çözümlü kuru madde değerleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.14'te belirtilmiştir.

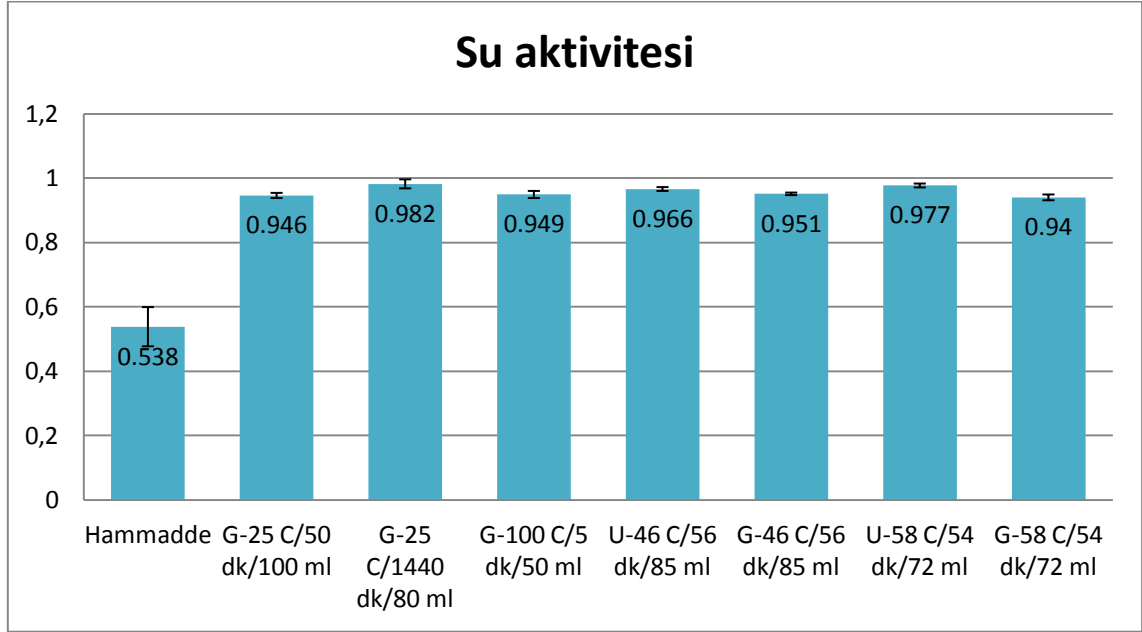


Şekil 4.8. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait suda çözümlü kuru madde değerleri

Çalışmadaki örneklerin suda çözümlü kuru madde değerleri 0.1-2.8 briks değeri arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre en yüksek suda çözümlü kuru madde değeri (2.8) G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. En düşük toplam suda çözümlü kuru madde değeri (0.1) G-58°C/54 dk/72 ml su uygulanan örnekte belirlenmiştir. Optimum noktalara ait üretimler incelendiğinde ultrason uygulamasının örneklerin suda çözümlü kuru madde değerlerine önemli bulunacak etkileri görülmemiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Ek olarak rehidrasyon süresinin 24 saat gibi bir sürede gerçekleşmesi materyalin suda çözümlü kuru madde içeriğinde önemli ölçüde kayıplar oluşturmaktadır. Bu da besin kalitesi açısından kayıp anlamına gelmektedir.

#### 4.3.7. Su aktivitesi

Örnek gruplarının suda çözümlü kuru madde değerleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.15'te belirtilmiştir.



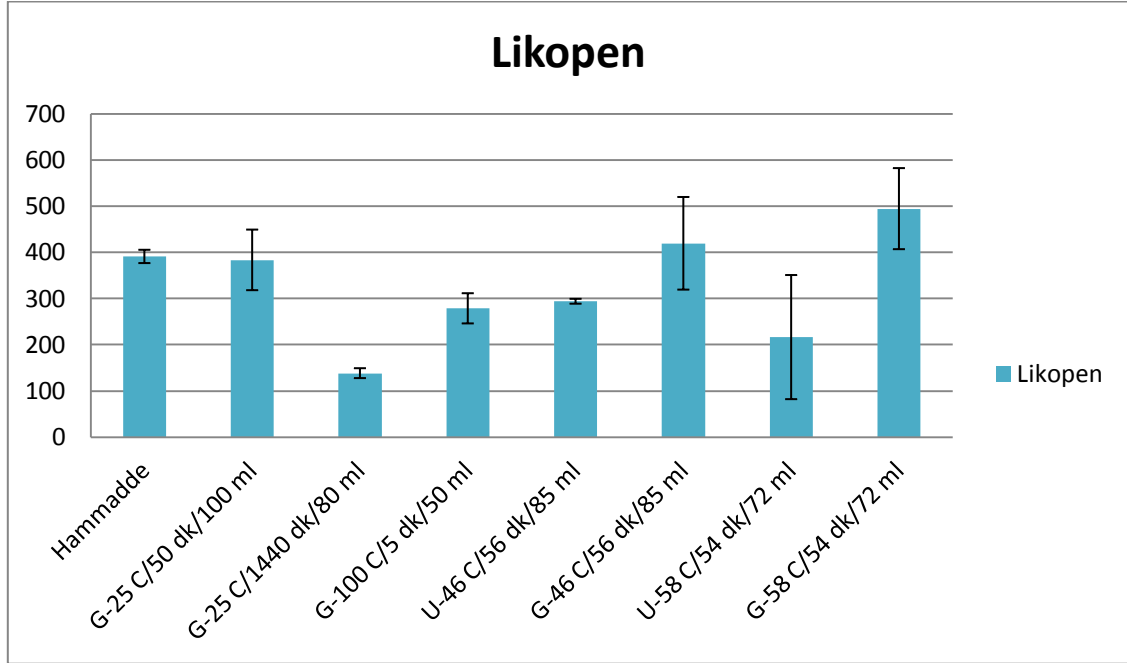
Şekil 4.9. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait su aktivitesi değerleri

Örneklerin su aktivitesi değerleri 0.538-0.982 arasında değişmektedir. Sonuçlar incelendiğinde en yüksek su aktivitesi değeri (0.982) G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. En düşük su aktivitesi değeri (0.538) hammadde örneğinde belirlenmiştir. Optimum noktalarda yapılan üretimlere ait sonuçlar incelendiğinde ultrason uygulamasının su aktivitesini bir miktar arttırdığı saptanmıştır. Optimum noktalarda en yüksek su aktivitesi değeri (0.977) U-58°C/54 dk/72 ml su koşullarında yapılan uygulamada bulunmuştur. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Yapılan çalışmalarda, taze domates örneklerinin su aktivitesinin 0.92; farklı sıcaklıklarda (70, 80, 90°C) 7 saat kurutulan domates örneklerinin su aktivitesi sırasıyla 0.55; 0.46 ve 0.44 olarak bulunmuştur. Yine aynı sıcaklıklarda (70, 80, 90°C) 8 saat kurutulan domates örneklerinin su aktivitesi sırasıyla 0.44; 0.43 ve 0.39 olarak tespit edilmiştir (Yusufe ve ark., 2017).

#### 4.3.8. Likopen

Örnek gruplarının likopen içeriklerine ait değerler Şekil 4.7’de verilmiştir. Değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları ise (Ek) Çizelge A.16’da belirtilmiştir.



Şekil 4.10. Rehidre edilmiş kuru domates örneklerine ait likopen değerleri

Çalışmadaki örneklerin likopen içerikleri 138.2-494.5 µg/g arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre en yüksek likopen değeri (494.5) G-58°C/54 dk/72 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. En düşük likopen değeri (138.2) G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte belirlenmiştir. Optimum noktalarda ise ultrason uygulamasının likopen değerini olumsuz etkilediği görülmüştür. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Daha önceki çalışmalarda ultrason uygulamasının likopen stabilitesi üzerinde doğrudan bir etki göstermediği ifade edilmektedir. Ancak meyve matrisindeki dolaylı etkisi nedeniyle likopen bozulmasına neden olduğu görülmüştür. İşlem sırasındaki bitki stresi, yüksek hidrojen peroksit oluşumuna neden olur. Oluşan hidrojen peroksit likopen ve peroksidazlarla reaksiyona girer. Peroksidaz askorbatın aktivitesindeki artış, askorbik asit konsantrasyonunda azalmaya neden olur ve buda ultrason uygulaması sırasında genel bir likopen kaybına neden olarak likopen içeriğini azaltır (Valéria ve ark., 2015).

## 5. SONUÇ

Kurutulmuş domatesler, ultrasonik işlemler uygulanarak rehidrasyon koşulları optimize edilmiştir. Rehidrasyon kapasitesi, renk  $a^*$  ve doku değerleri yanıt olarak seçilerek design expert programı kullanılarak optimum noktalar belirlenmiştir. İşlemler sonunda  $46^{\circ}\text{C}/56\text{ dk}/85\text{ ml su}$  ve  $58^{\circ}\text{C}/54\text{ dk}/72\text{ ml su}$  koşullarında yapılan uygulamalar optimum noktalar olarak bulunmuştur. Ultrason uygulamasının kurutulmuş domatesin rehidrasyon koşulları üzerine etkili olduğu saptanmıştır.

Optimum noktalar ile literatürden seçilen rehidrasyon koşulları birbiriyle karşılaştırıldığında, rehidrasyon kapasitesi gerçekleşme oranı %104.46 ile en yüksek G- $25^{\circ}\text{C}/1440\text{ dk}/200\text{ ml su}$  koşullarında üretilen örnekte gerçekleşmiş, bunu %102.99 ile U- $46^{\circ}\text{C}/56\text{ dk}/85\text{ ml su}$ , %102.94 ile U- $58^{\circ}\text{C}/54\text{ dk}/72\text{ ml su}$ , %86 ile G- $46^{\circ}\text{C}/56\text{ dk}/85\text{ ml su}$ , %85.46 ile G- $58^{\circ}\text{C}/54\text{ dk}/72\text{ ml su}$ , %62.96-69.15 ile G- $100^{\circ}\text{C}/5\text{ dk}/50\text{ ml su}$ , %36.32-47.12 ile G- $25^{\circ}\text{C}/50\text{ dk}/100\text{ ml su}$  örnekleri takip etmiştir. Optimum noktalar incelendiğinde ultrason uygulanan örneklerin uygulanmayan örneklere göre rehidrasyon kapasitelerinin belirgin şekilde arttığı ve %100'ün üzerinde bir gerçekleşme oranı ile en iyi sonuçları verdiği bulunmuştur. Literatürden belirlenerek geleneksel yolla rehidre edilen örneklerde ise rehidrasyon kapasitesi ve gerçekleşme oranı bir örnek (G- $25^{\circ}\text{C}/1440\text{ dk}/200\text{ ml su}$ ) hariç hepsinde düşük sonuçlar vermiştir. Ultrason uygulamasının, rehidrasyon koşullarını iyileştirdiği saptanmıştır.

Veriler incelendiğinde örneklerin parlaklık ( $L^*$ ) değerinin optimum noktalarda (G- $46^{\circ}\text{C}/56\text{ dk}/85\text{ ml}$ ) en parlak ( $L^*=24.66$ ) iken, literatürden seçilen örneklerde ise (G- $25^{\circ}\text{C}/1440\text{ dk}/200\text{ ml}$ ) en düşük parlaklıkta (13.35) olduğu bulunmuştur. Uygulanan işlem koşullarının (sıcaklık, süre ve su oranı) parlaklığı etkilediği gözlenmiştir. Sıcaklık arttıkça parlaklığın arttığı belirlenmiştir. Renk  $a^*$  değeri en yüksek U- $58^{\circ}\text{C}/54\text{ dk}/72\text{ ml su}$  uygulanan örnekte ( $a^*=13.67$ ) saptanmıştır. Optimum nokta olarak seçilen tüm örneklerin parlaklık ( $L^*$ ), kırmızılık ( $a^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerleri literatürden seçilen örneklere göre daha iyi bulunmuştur.

Toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) ve kroma-renk yoğunluğu değerleri ( $\Delta C$ ) açısından en yüksek  $\Delta E$  değeri U- $46^{\circ}\text{C}/56\text{ dk}/85\text{ ml su}$  grubuna aittir (14.63), en düşük değer ise literatürden

seçilen (G-25°C/50 dk/100 ml su) örnekte bulunmuştur (7.49). Ultrason uygulamasının  $\Delta E$  ve  $\Delta C$  değerlerini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Çalışılan örneklerin doku değerleri incelendiğinde en yüksek doku değeri (4.591 N) hammaddede en düşük doku değeri (0.334 N) ise G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. Geleneksel yolla rehidre edilen örnekler incelendiğinde rehidrasyon süresi arttıkça doku değeri azalarak sertliğini kaybetmiştir.

Sonuçlara göre sıcaklık arttıkça pH değerleri azalmış ve en düşük pH değeri (4.62) G-100°C/5 dk/50 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. Optimum noktalar incelendiğinde ultrason uygulamasının örneklerin pH değerlerini uygulanmayan örneklere göre arttırdığı görülmüştür.

Çalışılan örneklerin toplam kuru madde değerleri %11.26-74.53 arasında bulunmuştur. Optimum noktalardaki ultrason uygulamasının toplam kuru madde değerini azalttığı görülmüştür. Buda ultrason uygulamasının rehidrasyon amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

Grupların su aktivitesi değeri en yüksek (0.982) G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte en düşük su aktivitesi değeri (0.538) ise hammaddede örneğinde belirlenmiştir. Optimum noktalar incelendiğinde ultrason uygulamasının su aktivitesini olumlu etkilediği görülmüştür.

Sonuçlara göre en yüksek likopen değeri (494.5) G-58°C/54 dk/72 ml su uygulanan örnekte bulunmuştur. En düşük likopen değeri (138.2) ise G-25°C/1440 dk/200 ml su uygulanan örnekte belirlenmiştir. Optimum noktalara bakıldığında ultrasonik muamelenin likopen değerini olumsuz etkilediği görülmüştür.

Bu çalışma, kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimizasyonu ile meyve sebze endüstrisine sağlayacağı katkı açısından önemlidir. Ayrıca çalışma boyunca, kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda geleneksel ve ultrasonik yöntemlerin karşılaştırılması yapılmış olup, elde edilen veriler meyve sebze işleme sanayine uygun rehidrasyon yöntem ve koşullarının belirlenmesi açısından önemlidir. Geleneksel yöntem ile rehidre edilen kurutulmuş domateslerden elde edilen analiz sonuçları ile ultrasonik muamele uygulanarak rehidre edilen örneklerin analiz sonuçları

karşılaştırılarak, ultrasonik muamelenin avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Bulgular ve literatürdeki veriler doğrultusunda, ultrasonik işlem uygulanarak rehidre edilen kurutulmuş domates örneklerinin; rehidrasyon kapasitelerinin belirgin şekilde yüksek, kırmızılığının daha iyi ve dokunun daha yumuşak olması gibi avantajları söz konusudur. Ayrıca elde edilen verilerin ultrason uygulamasının endüstriyel olarak yaygınlaşması amacıyla endüstriyel ölçekteki ekipmanlarla doğrulanmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- Abano, E., Ma, H. ve Qu, W., 2014. Optimization of drying conditions for quality dried tomato slices using response surface methodology. *Journal of Food Processing&Preservation*, 38 (3), 996-1009.
- Alexandre, E.M.C., Brandão, T.R.S. ve Silva, C.L.M., 2012. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 108 (3), 417-426.
- Amirante, R., Distaso, E., Tamburrano, P., Paduano, A., Pettinicchio, D. ve Clodoveo, M.L., 2017. Acoustic cavitation by means ultrasounds in the extra virgin olive oil extraction process. *Energy Procedia*, 126 (201709), 82-90.
- Anonim, 1991. Minolta CR-300 Chromameter Operator'S Instruction Manual. Minolta-Crop., Ramsey, NJ.
- Anonim, 1995. Official Methods Of Analysis Of AOAC International, 16th Ed.
- Anonim, 2012. Fundamentals What is Sonochemistry, <http://www.europeansocietyofsonochemistry.com/introduction> (Erişim tarihi:05.06.2012).
- Anonim, 2015. Yaş Meyve ve Sebze Sektörü. İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı, [https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Yas\\_Meyve\\_ve\\_Sebze.pdf](https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Yas_Meyve_ve_Sebze.pdf) (Erişim tarihi:28.01.2019).
- Anonim, 2018. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ocak 2018, Ürün No: 20.
- Anonim, 2019a. Statistical Database. Food and Agriculture organization, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Erişim tarihi:28.01.2019).
- Anonim, 2019b. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim tarihi:28.01.2019).
- Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D. ve Youssef, M.M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: a review. *Food Research International* 48 (2), 410–427.
- Baker, G.J.C., 1997. Industrial Drying of Foods. Chapman & Hall Publication, 299, New York.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Özkan, M., 2003. Kurutma Teknolojisi. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Editör: Cemeroğlu, B. Ankara, s. 541-675.
- Cemeroğlu, B., 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Ankara.
- Cemeroğlu, B., 2016. Kurutma Teknolojisi. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Editör: Cemeroğlu, B. Bizim Grup Basımevi, Türkiye, 541-675.
- Chawla, C., Kaur, D., Oberoi, D.P.S. ve Sogi, D.S., 2008. Drying characteristics, sorption isotherms, and lycopen retention of tomato pulp. *Drying Technology*, 26 (10), 1257–1264.

- Dadali, G., Demirhan, E. ve Özbek, B., 2008. Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food and Bioproducts Processing*, 86 (4), 235-241.
- Duran, M., 2013. Doğal Antimikrobiyal Katkılı Kitosan Kaplama ile Çileğin Raf Ömrünün Arttırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Durmuş, E. ve Evranuz, E.Ö., 2005. Su aktivitesi ölçmek için basit bir isopiestik yöntem: gliserin referans maddesi kullanılarak su aktivitesi ölçümü. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 116-120, Antalya.
- Düzyaman, E. ve Duman, İ., 2003. Dried Tomato as a New Potential in Export and Domestic Market Diversification in Turkey, *Proceedings of the Eighth International ISHS Symposium on the Proceeding Tomato, Acta Horticulturae*, 613, 433-436.
- Doymaz, İ., 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78 (2007), 1291-1297.
- Ergun, C. ve Sürmeli, N., 1994. Değişik işleme şekillerinin konserve ve dondurulmuş domatesin kalitesine etkileri ve depolama süresince oluşan değişmelerin incelenmesi-II. *Bilimsel araştırma ve incelemeler*, 30, 55.
- Falade, O.K. ve Abbo, S.E., 2007. Air-drying and rehydration characteristics of datepalm (*Phoenix dactylifera L.*) fruits. *Journal of Food Engineering*, 79 (2), 724-730.
- Fabiano, A.N.F., Francisca, I.P.O. ve Sueli, R., 2008. Use of ultrasound for dehydration of papayas. *Food and Bioprocess Technology*, 1 (4), 339-345.
- Fernandes, F.A.N. ve Sueli, R., 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82 (2), 261-267.
- Fernandes, F.A.N., Linhares, Jr, F.E. ve Sueli, R., 2008. Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (6), 1049-1054.
- Fernandes, F.A.N. ve Oliveira, F.I.jj P., 2008. Use of Ultrasound for Dehydration of Papayas. *Food Bioprocess Technology*, 1 (4), 339-345.
- Fernandes, A.N.F. ve Sueli, R., 2011. Ultrasound application as pre-treatment for drying of fruits. 11th international congress of engineering and food, 11th ICEF, Atina-Yunanistan.
- Goula, A.M. ve Adamopoulos, K.G., 2009. Modeling the Rehydration Process of Dried Tomato. *Drying Technology*, 27 (10), 1078-1088.
- Horuz, E., Jaafar, H.J. ve Maskan, M., 2017. Ultrasonication as pretreatment for drying of tomato slices in a hot air-microwave hybrid oven. *Drying Technology*, 35 (7), 849-859.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Paniwnyk, L. ve Lelas, V., 2007. Accelerated drying of buton mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81 (1), 88-97.

- Kantaş, Y., 2007. Effect of Ultrasound on Drying Rate of Selected Produce. (Doktora Tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Kervancı, Z., 2015. Kurutulmuş dolmalık biber ve patlıcanın rehidrasyon karakterlerinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Keskin, G., 2010. Türkiye’de Domates Salça Sanayi ve İç Piyasada Fiyat Değişimleri. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 20 (3), 214-221.
- Kostoglou, M., Chrysafis, N. ve Andritsos, N., 2013. Modelling Tomato Dehydration in a Tunnel Dryer Using Geothermal Energy. Drying Technology, 31 (1), 5–16.
- Krokida, M.K. ve Marinos-Kouris, D., 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. Journal of Food Engineering, 57 (1), 1–7.
- Kross, R.K., Mata, M.E.R.M.C., Duarte, M.E.M. ve Junior, V.S., 2004. Drying kinetics of tomatoes (*Lycopersion esculentum L.*), submitted to a previous osmotic treatment. In Drying 2004-Proceedings of the 14th international drying symposium, Sao Paulo, Brezilya.
- Latapı G. ve Barrett D.M., 2006. Influence of Pre-drying treatments on Quality and Safety of Sun-dried Tomatoes. Part II. Effects of Storage on Nutritional and Sensory Quality of Sun-dried Tomatoes Pretreated with Sulfur, Sodium Metbisulfite or Salt. Journal of Food Science, 71 (1), 37.
- Lee, K.T., Farid, M. ve Nguang, S.K., 2006. The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. Journal of Food Engineering, 72 (1), 16-23.
- Lewicki, P.P., Witrowa-Rajchert, D., Lazuka, P.W. ve Nowak, D., 1998. Rehydration properties of dried union. International Journal of Food Properties, 1 (1), 1-22.
- Lewicki, P.P., Le, H.V. ve Pomaran’ska-Lazuka, W., 2002. Effect of pretreatment on convective drying of tomatoes. Journal of Food Engineering, 54 (2), 141–146.
- Lewicki, P.P. ve Michaluk, E., 2004. Drying of tomato pre-treated with calcium. Drying Technology, 8 (8), 1813–1827.
- Maldonado, S., Arnau, E. ve Bertuzzi, M.A., 2010. Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. Journal of Food Engineering, 96 (3), 333-341.
- Mason, T.J. ve Lorimer, J.P., 2002. Applied Sonochemistry (The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing). Weinheim, 225-266.
- Mechlouch, R.F., Elfalleh, W., Ziadi, M., Hannachi, H., Chwikhi, M., Ben Aoun, A., Elakesh, I. ve Cheour, F., 2012. Effect of Different Drying Methods on the Physico-Chemical Properties of Tomato Variety ‘Rio Grande’. International Journal of Food Engineering, 8 (2), 4.
- Mulet, A., Carcel, J.A., Sanjuan, N. ve Bon, J., 2003. New food drying technologies—use of ultrasound. Food Science and Technology International, 9 (3), 215-221.
- Muratore, G., Rizzo, V., Licciardello, F. ve Maccorone, E., 2008. Partial Dehydration of Cherry Tomato at Different Temperature and Nutritional Quality of the Produce. Food Chemistry 111, 887-891.

- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. ve Mortazavi, A.S., 2012. Kinetic modeling of rehydration in air dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36 (5), 383-392.
- Nowacka, M., Wiktor, A., Śledź, M., Jurek, N. ve Witrowa-Rajchert, D., 2012. Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113 (3), 427-433.
- Pascual, P.G., Sanjua'n, N., Melis, R. ve Mulet, A., 2006. Morchellaesculenta (morel) rehydration process modelling. *Journal of Food Engineering*, 72 (4), 346-353.
- Patist, A. ve Bates, D., 2008. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Inno Food Sci Emerg Techno*, 9 (2), 147-154.
- Rajkumar, P., Kulanthaisami, S., Raghavan, G.S.V., Gariépy, Y. ve Orsat, V., 2007. Drying kinetics of tomato slices in vacuum assisted solar and open sun drying methods. *Drying Technology*, 25 (7), 1349-1357.
- Rawson, A., Tiwari, B.K., Tuohy, M.G., O'Donnell, C.P. ve Brunton, N., 2011. Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoids content of hot air and freeze dried carrot discs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18 (5), 1172-1179.
- Sacilik, K., Keskin, R. ve Elicin, A.K., 2006. Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering*, 73 (3), 231-238.
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E., 2004. Gıda Endüstrisi Makineleri. Savaş Yayınları, Ankara, 547s.
- Sánchez, N.F.S., Blanco, R.V., Gómez, M.S.G., Herrera, A.P. ve Coronado, R.S., 2012. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. *LWT-Food Science and Technology* 46 (1), 298-304.
- Şahin, F.H., 2010. Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması. (Doktora Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Topdaş, E.F., Başlar, M. ve Ertugay, M.F., 2011. Elmaların ozmotik kurutulması üzerine ultrases işleminin etkisi. *Akademik Gıda*, 9 (5), 6-10.
- Tüfekçi, S. ve Özkal, G., 2015. Gıdaların Kurutulmasında Ultrases Kullanımı. *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 21 (9), 408-413.
- Tüfekçi, S. ve Özkal, G., 2017. Enhancement of drying and rehydration characteristics of okra by ultrasound pre-treatment application. *Heat and Mass Transfer*, 53 (7), 2279-2286.
- Uzunoğlu, T.P., 2012. Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Kısa ve Uzun Ömürlü Ayranın Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisi. (Y. Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Valéria, S.O., Sueli, R. ve Fernandes, F.A.N., 2015. Effect of high power low frequency ultrasound processing on the stability of lycopene. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 586-591.

- Vercet, A., Lopez, P. ve Burgos, J., 1997. Inactivation of heat resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens* by manothermosonication. *Journal of Dairy Research*, 80 (1), 29-36.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, D., 2000. *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniv., Ziraat Fak., Bornova, İzmir.
- Yıldız, H., 2004. *Domates Salçası Üretiminde Elektroliz Uygulamasının, Salça Kalitesi ve Verimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yusufe, M., Mohammed, A. ve Satheesh N., 2017. Effect of duration and drying temperature on characteristics of dried tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) cochoro variety. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology*, 21 (1), 41-50.
- Zhao, Y., Yi, J., Bi, J., Chen, Q., Zhou, M. ve Zhang, B., 2018. Improving of texture and rehydration properties by ultrasound pretreatment for infrared-dried shiitake mushroom slices. *Drying Technology*, 37 (3), 352-362.
- Zhang, L., Huang, X., Miao, S., Zeng, S., Zhang, Y. ve Zheng, B., 2016. Influence of ultrasound on the rehydration of dried sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Journal of Food Engineering*, 178, 203-211.

## **7. EKLER**

## EKLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>EK A.</b> İstatistiksel değerlendirme sonuçları.....	58
<b>Çizelge A.1.</b> Ön denemelerin rehidrasyon değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	58
<b>Çizelge A.2.</b> Ön denemelerin renk a* değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	59
<b>Çizelge A.3.</b> Ön denemelerin doku değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	60
<b>Çizelge A.4.</b> Rehidrasyon değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	61
<b>Çizelge A.5.</b> Renk a* değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	62
<b>Çizelge A.6.</b> Renk b değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	63
<b>Çizelge A.7.</b> Renk L değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	64
<b>Çizelge A.8.</b> Toplam renk farkı değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	65
<b>Çizelge A.9.</b> Kroma renk yoğunluğu değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	66
<b>Çizelge A.10.</b> Hue açısı değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	67
<b>Çizelge A.11.</b> Doku değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	68
<b>Çizelge A.12.</b> pH değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	69
<b>Çizelge A.13.</b> Toplam kuru madde değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	70
<b>Çizelge A.14.</b> Suda çözünen kuru madde değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları ..	71
<b>Çizelge A.15.</b> Su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	72
<b>Çizelge A.16.</b> Likopen değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları .....	73

## EK A. İstatistiksel değerlendirme sonuçları

**Çizelge A.1.** Ön denemelerin rehidrasyon değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

REHİDRASYON		Descriptives				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	1,8168	,03312	,01912	1,7346	1,8991
2	3	2,5288	,07129	,04116	2,3517	2,7058
3	3	2,8244	,16258	,09386	2,4205	3,2283
4	3	2,5504	,16764	,09679	2,1340	2,9668
5	3	3,3251	,08354	,04823	3,1176	3,5326
6	3	3,3054	,05667	,03272	3,1646	3,4461
Total	18	2,7251	,53926	,12710	2,4570	2,9933

1:U-35°C/23 dk/90 ml; 2:U-46°C/56 dk/85 ml; 3:U-58°C/54 dk/72 ml; 4:U-62°C/33 dk/84 ml; 5:U-79°C/56 dk/73 ml; 6:U-79°C/59 dk/68 ml

### Test of Homogeneity of Variances

REHİDRASYON			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,502	5	12	,090

### ANOVA

REHİDRASYON		ANOVA			
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,802	5	,960	81,267	,000
Within Groups	,142	12	,012		
Total	4,944	17			



**Çizelge A.2.** Ön denemelerin renk a\* değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

**Descriptives**

RENK a*						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	12,1767	,14742	,08511	11,8104	12,5429
2	3	13,0233	,56518	,32631	11,6193	14,4273
3	3	13,0900	,43555	,25146	12,0080	14,1720
4	3	12,9367	,33322	,19238	12,1089	13,7644
5	3	7,4900	,02646	,01528	7,4243	7,5557
6	3	7,4633	,08083	,04667	7,2625	7,6641
Total	18	11,0300	2,61846	,61718	9,7279	12,3321

1:U-35°C/23 dk/90 ml; 2:U-46°C/56 dk/85 ml; 3:U-58°C/54 dk/72 ml; 4:U-62°C/33 dk/84 ml; 5:U-79°C/56 dk/73 ml; 6:U-79°C/59 dk/68 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

RENK a\*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,175	5	12	,020

**ANOVA**

RENK a*					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	115,260	5	23,052	213,071	,000
Within Groups	1,298	12	,108		
Total	116,558	17			

**Çizelge A.3.** Ön denemelerin doku değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
DOKU						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	,8143	,02159	,01247	,7607	,8680
2	3	,5133	,01106	,00639	,4859	,5408
3	3	,4620	,02910	,01680	,3897	,5343
4	3	,5453	,03927	,02267	,4478	,6429
5	3	,5133	,00551	,00318	,4997	,5270
6	3	,5327	,04314	,02491	,4255	,6398
Total	18	,5635	,12086	,02849	,5034	,6236

1:U-35°C/23 dk/90 ml; 2:U-46°C/56 dk/85 ml; 3:U-58°C/54 dk/72 ml; 4:U-62°C/33 dk/84 ml; 5:U-79°C/56 dk/73 ml; 6:U-79°C/59 dk/68 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

DOKU			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,578	5	12	,033

**ANOVA**

DOKU					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,239	5	,048	58,797	,000
Within Groups	,010	12	,001		
Total	,248	17			

**Çizelge A.4.** Rehidrasyon değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
REHİDRASYON						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	1,7435	,10343	,05972	1,4865	2,0004
2	3	4,7007	,00000	,00000	4,7007	4,7007
3	3	2,0376	,16418	,09479	1,6298	2,4455
4	3	2,5666	,18839	,10876	2,0986	3,0346
5	3	2,1432	,00701	,00405	2,1258	2,1607
6	3	2,8733	,15330	,08851	2,4925	3,2541
7	3	2,4269	,05959	,03441	2,2788	2,5749
Total	21	2,6417	,93530	,20410	2,2159	3,0674

1:G-25°C/50 dk/100 ml; 2:G-25°C/1440 dk/200 ml; 3:G-100°C/5 dk/50 ml; 4:U-46°C/56 dk/85 ml; 5:G-46°C/56 dk/85 ml; 6:U-58°C/54 dk/72 ml; 7:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

REHİDRASYON			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,651	6	14	,021

**ANOVA**

REHİDRASYON					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17,295	6	2,883	201,290	,000
Within Groups	,200	14	,014		
Total	17,496	20			

**Çizelge A.5.** Renk a\* değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
RENK a*						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	8,0067	,97618	,56360	5,5817	10,4316
2	3	13,4907	,65121	,37597	11,8730	15,1084
3	3	12,5900	,54745	,31607	11,2301	13,9499
4	3	7,6547	,66648	,38479	5,9990	9,3103
5	3	13,3207	1,09785	,63385	10,5934	16,0479
6	3	13,0960	,57654	,33287	11,6638	14,5282
7	3	13,6747	,73686	,42543	11,8442	15,5051
8	3	12,8707	,49952	,28840	11,6298	14,1115
Total	24	11,8380	2,46711	,50360	10,7962	12,8798

1:Hammadde; 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

RENK a*			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,690	7	16	,680

**ANOVA**

RENK a*					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	131,090	7	18,727	33,659	,000
Within Groups	8,902	16	,556		
Total	139,993	23			

**Çizelge A.6.** Renk b\* değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
RENK b*						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	12,7100	1,28713	,74312	9,5126	15,9074
2	3	9,1700	,62426	,36042	7,6193	10,7207
3	3	8,9633	,61093	,35272	7,4457	10,4810
4	3	10,5933	1,03394	,59695	8,0249	13,1618
5	3	22,5067	,58960	,34041	21,0420	23,9713
6	3	23,3633	1,31535	,75941	20,0958	26,6308
7	3	21,7167	,96366	,55637	19,3228	24,1105
8	3	22,2233	,95521	,55149	19,8505	24,5962
Total	24	16,4058	6,33629	1,29339	13,7303	19,0814

1:Hammadde 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

RENKb*			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,832	7	16	,576

**ANOVA**

RENK b*					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	908,603	7	129,800	140,183	,000
Within Groups	14,815	16	,926		
Total	923,418	23			

**Çizelge A.7. Renk L\* değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları**

Descriptives						
RENK L*						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	14,6433	2,61217	1,50814	8,1543	21,1323
2	3	14,8567	1,57027	,90659	10,9559	18,7574
3	3	13,3467	,88940	,51350	11,1373	15,5561
4	3	21,1833	2,70300	1,56058	14,4687	27,8980
5	3	23,9867	,96173	,55526	21,5976	26,3757
6	3	24,6567	3,20637	1,85120	16,6916	32,6217
7	3	22,2633	,50143	,28950	21,0177	23,5090
8	3	21,1667	,36692	,21184	20,2552	22,0782
Total	24	19,5129	4,60101	,93918	17,5701	21,4558

1:Hammadde 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

RENKL*			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,385	7	16	,071

**ANOVA**

RENK L*					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	428,936	7	61,277	16,917	,000
Within Groups	57,957	16	3,622		
Total	486,893	23			

**Çizelge A.8.** Toplam renk farkı değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
Toplamrenkfarkı						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	7,4900	1,24471	,71863	4,3980	10,5820
2	3	7,6167	1,67169	,96515	3,4640	11,7694
3	3	7,8233	4,88591	2,82088	-4,3139	19,9606
4	3	14,6300	2,92896	1,69104	7,3541	21,9059
5	3	13,9700	2,54564	1,46973	7,6463	20,2937
6	3	13,2867	2,05858	1,18852	8,1729	18,4005
7	3	12,5233	1,91772	1,10719	7,7595	17,2872
Total	21	11,0486	3,82458	,83459	9,3076	12,7895

1:G-25°C/50 dk/100 ml; 2:G-25°C/1440 dk/200 ml; 3:G-100°C/5 dk/50 ml; 4:U-46°C/56 dk/85 ml; 5:G-46°C/56 dk/85 ml; 6:U-58°C/54 dk/72 ml; 7:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

Toplamrenkfarkı			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,639	6	14	,209

**ANOVA**

Toplamrenkfarkı					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	190,167	6	31,694	4,334	,011
Within Groups	102,381	14	7,313		
Total	292,548	20			

**Çizelge A.9.** Kroma renk yoğunluğu değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
Kromarenkyogunlugu						
					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
1	3	7,0867	1,69359	,97779	2,8796	11,2938
2	3	6,6500	1,20652	,69659	3,6528	9,6472
3	3	2,8633	,60797	,35101	1,3530	4,3736
4	3	10,5967	,61809	,35685	9,0612	12,1321
5	3	10,4300	2,04428	1,18027	5,3517	15,5083
6	3	10,2633	,20306	,11724	9,7589	10,7678
7	3	10,1333	,83913	,48447	8,0488	12,2178
Total	21	8,2890	2,93544	,64056	6,9529	9,6252

1:G-25°C/50 dk/100 ml; 2:G-25°C/1440 dk/200 ml; 3:G-100°C/5 dk/50 ml; 4:U-46°C/56 dk/85 ml; 5:G-46°C/56 dk/85 ml; 6:U-58°C/54 dk/72 ml; 7:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

Kromarenkyogunlugu

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,310	6	14	,092

**ANOVA**

Kromarenkyogunlugu					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	152,336	6	25,389	17,772	,000
Within Groups	20,000	14	1,429		
Total	172,336	20			



**Çizelge A.10.** Hue açısı değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
Hueacısı					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
1	3	34,7800	7,11475	4,10770	17,1060	52,4540
2	3	84,4800	5,91607	3,41565	69,7837	99,1763
3	3	86,7733	3,11185	1,79663	79,0431	94,5036
4	3	41,6400	5,11722	2,95443	28,9281	54,3519
5	3	33,9233	3,04449	1,75774	26,3604	41,4863
6	3	32,1833	2,31833	1,33849	26,4243	37,9424
7	3	35,8100	1,19779	,69154	32,8345	38,7855
8	3	33,2267	2,71338	1,56657	26,4863	39,9671
Total	24	47,8521	22,72996	4,63973	38,2541	57,4501

1:G-25°C/50 dk/100 ml; 2:G-25°C/1440 dk/200 ml; 3:G-100°C/5 dk/50 ml; 4:U-46°C/56 dk/85 ml; 5:G-46°C/56 dk/85 ml; 6:U-58°C/54 dk/72 ml; 7:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

Hueacısı			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,626	7	16	,199

**ANOVA**

Hueacısı					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11593,115	7	1656,159	91,419	,000
Within Groups	289,860	16	18,116		
Total	11882,975	23			

**Çizelge A.11.** Doku değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
DOKU					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
1	3	4,5920	,81315	,46947	2,5720	6,6120
2	3	,6508	,05350	,03089	,5179	,7837
3	3	,3344	,00000	,00000	,3344	,3344
4	3	,3721	,07069	,04081	,1965	,5477
5	3	,4786	,08361	,04827	,2709	,6863
6	3	,4743	,05575	,03219	,3358	,6128
7	3	,4482	,05430	,03135	,3133	,5831
8	3	,3911	,05278	,03047	,2600	,5222
Total	24	,9677	1,42341	,29055	,3666	1,5687

1:Hammadde 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

DOKU			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,649	7	16	,015

**ANOVA**

DOKU					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45,231	7	6,462	75,474	,000
Within Groups	1,370	16	,086		
Total	46,601	23			

**Çizelge A.12.** pH değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
pH						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	4,7667	,05033	,02906	4,6416	4,8917
2	3	5,1033	,25775	,14881	4,4631	5,7436
3	3	4,9833	,04726	,02728	4,8659	5,1007
4	3	4,6233	,12503	,07219	4,3127	4,9339
5	3	5,0033	,05508	,03180	4,8665	5,1401
6	3	4,9067	,09292	,05364	4,6759	5,1375
7	3	4,8067	,03055	,01764	4,7308	4,8826
8	3	4,6767	,04509	,02603	4,5647	4,7887
Total	24	4,8588	,18625	,03802	4,7801	4,9374

1:Hammadde 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

pH			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,373	7	16	,021

**ANOVA**

pH					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,595	7	,085	6,701	,001
Within Groups	,203	16	,013		
Total	,798	23			

**Çizelge A.13.** Toplam kuru madde değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
TOPLAMKM						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	74,5250	4,09415	2,89500	37,7405	111,3095
2	2	36,3900	,21213	,15000	34,4841	38,2959
3	2	10,7200	,62225	,44000	5,1293	16,3107
4	2	32,1300	,96167	,68000	23,4898	40,7702
5	2	21,5600	,07071	,05000	20,9247	22,1953
6	2	26,6650	1,06773	,75500	17,0718	36,2582
7	2	14,7550	,40305	,28500	11,1337	18,3763
8	2	18,8200	3,02642	2,14000	-8,3713	46,0113
Total	16	29,4456	19,49754	4,87439	19,0561	39,8351

1:Hammadde 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

TOPLAMKM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8714578318313 996,000	7	8	,000

**ANOVA**

TOPLAMKM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5673,725	7	810,532	226,835	,000
Within Groups	28,586	8	3,573		
Total	5702,311	15			

**Çizelge A.14.** Suda çözünür kuru madde değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
SUDACÖZUNURKM						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	,1333	,05774	,03333	-,0101	,2768
2	3	2,8000	,26458	,15275	2,1428	3,4572
3	3	,2667	,05774	,03333	,1232	,4101
4	3	,2000	,00000	,00000	,2000	,2000
5	3	,2000	,00000	,00000	,2000	,2000
6	3	,2000	,10000	,05774	-,0484	,4484
7	3	,1667	,11547	,06667	-,1202	,4535
Total	2					
	1	,5667	,94039	,20521	,1386	,9947

1:G-25°C/50 dk/100 ml; 2:G-25°C/1440 dk/200 ml; 3:G-100°C/5 dk/50 ml; 4:U-46°C/56 dk/85 ml;5:G-46°C/56 dk/85 ml; 6:U-58°C/54 dk/72 ml; 7:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

SUDACÖZUNURKM

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6,317	6	14	,002

**ANOVA**

SUDACÖZUNURKM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17,487	6	2,914	204,011	,000
Within Groups	,200	14	,014		
Total	17,687	20			

**Çizelge A.15.** Su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

<b>Descriptives</b>						
aW						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	,5383	,06058	,03498	,3878	,6888
2	3	,9463	,00751	,00433	,9277	,9650
3	3	,9820	,01418	,00819	,9468	1,0172
4	3	,9487	,01115	,00644	,9210	,9764
5	3	,9657	,00603	,00348	,9507	,9806
6	3	,9513	,00416	,00240	,9410	,9617
7	3	,9767	,00569	,00328	,9625	,9908
8	3	,9443	,00929	,00536	,9213	,9674
Total	24	,9067	,14414	,02942	,8458	,9675

1:Hammadde 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

aW			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,350	7	16	,021

**ANOVA**

aW					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,469	7	,067	127,000	,000
Within Groups	,008	16	,001		
Total	,478	23			

**Çizelge A.16.** Likopen değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Descriptives						
LİKOPEN					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
1	2	391,0000	14,42498	10,20000	261,3967	520,6033
2	2	383,5000	65,61951	46,40000	-206,0679	973,0679
3	2	138,1500	10,67731	7,55000	42,2182	234,0818
4	2	278,6000	32,66833	23,10000	-14,9133	572,1133
5	2	293,8500	5,30330	3,75000	246,2017	341,4983
6	2	419,3500	100,33845	70,95000	-482,1552	1320,8552
7	2	216,2500	134,42100	95,05000	-991,4748	1423,9748
8	2	494,4500	87,75195	62,05000	-293,9700	1282,8700
Total	16	326,8938	124,36925	31,09231	260,6221	393,1654

1:Hammadde; 2:G-25°C/50 dk/100 ml; 3:G-25°C/1440 dk/200 ml; 4:G-100°C/5 dk/50 ml; 5:U-46°C/56 dk/85 ml; 6:G-46°C/56 dk/85 ml; 7:U-58°C/54 dk/72 ml; 8:G-58°C/54 dk/72 ml

**Test of Homogeneity of Variances**

Likopen

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2742399869342 3708,000	7	8	,000

**ANOVA**

LİKOPEN	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	190455,104	7	27207,872	5,237	,016
Within Groups	41560,565	8	5195,071		
Total	232015,669	15			

## 8. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : İsa HAZAR  
Doğum Yeri/Tarihi : Balıkesir/18.08.1989  
Yabancı Dili : İngilizce  
Medeni Hali : Evli  
Adres : Merkez/Tokat  
e-mail : [ihazar04@hotmail.com](mailto:ihazar04@hotmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
İlköğretim	Bigadiç Fatih İ.Ö.O., Balıkesir	2002
Lise	Bigadiç Cumhuriyet Lisesi, Balıkesir	2005
Lisans	Akdeniz Üni., Gıda Müh., Antalya	2011

İş Deneyimi	Çalışma Yılları
Kara Ast. MYO Mutfak Gece Vardiya Sorumlusu	(11.2012–05.2013)
Ağrı İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	(08.2013–09.2016)
Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	(09.2016–.....)