



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULTRASON UYGULAMALARININ PORTAKAL-HAVUÇ SUYU
KARIŞIMININ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra TAŞIN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2023

T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULTRASON UYGULAMALARININ PORTAKAL-HAVUÇ SUYU
KARIŞIMININ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra TAŞIN
(19278347046)

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gökçen YILDIZ

OCAK 2023

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 19278347046 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Esra TAŞIN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "ULTRASON UYGULAMALARININ PORTAKAL-HAVUÇ SUYU KARIŞIMININ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gökçen YILDIZ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Gökçen YILDIZ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Rasim Alper ORAL
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Dilek DÜLGER ALTINER
Kocaeli Üniversitesi

Teslim Tarihi : Ocak 2023
Savunma Tarihi : 17 Ocak 2023



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün 210Y019 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Esra TAŞIN

İmzası :





Kendime, aileme ve tüm sevdiğlerime

ÖNSÖZ

Yüksek lisansa başladığım ilk günden itibaren gerek ders aşamasında gerekse tez konumun seçiminden değerlendirilmesine kadar olan tüm süreçlerde hoşgörü, bilgi ve tecrübesiyle destek ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Gökçen YILDIZ'a tüm içtenliğimle teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan yüksek lisans öğrencisi kıymetli arkadaşım Pınar ALTAŞ'a ve hayatım boyunca beni her zaman içtenlikle destekleyen ve sevgisini esirgemeyen canım annem, babam ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim.

OCAK 2023

Esra TAŞIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Hipotez	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Meyve Suyu Endüstrisi	5
2.2 Portakal.....	6
2.3 Havuç	8
2.4 Meyve ve Sebze Sularının Bazı Kalite Parametreleri	10
2.4.1 Toplam fenolik madde	10
2.4.2 Antioksidan kapasite	11
2.4.3 Toplam karotenoid miktarı.....	11
2.4.4 Hidroksimetilfurfural (HMF).....	12
2.4.5 Suda çözünür kuru madde (°Briks), pH, renk parametreleri.....	13
2.5 Ultrasonikasyon.....	13
2.6 Ultrasonikasyonun Etki Mekanizması	15
2.7 Meyve-Sebze Sularının İşlenmesinde Ultrasonikasyon Etkileri.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1 Materyal	20
3.2 Yöntem	20
3.2.1 Deneme planı	20
3.2.2 Mikrobiyolojik analizler	21
3.2.3 Suda çözünür kuru madde (°Briks) tayini.....	21
3.2.4 pH değeri tayini.....	21
3.2.5 Toplam asitlik tayini	21
3.2.6 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite için ekstraksiyon işlemi. 22	
3.2.6.1 Toplam fenolik madde miktarı tayini.....	22
3.2.6.2 Antioksidan kapasite tayini	23
3.2.7 Toplam karotenoid içerik tayini	23
3.2.8 Askorbik asit tayini	24
3.2.9 Hidroksimetil furfural (HMF) tayini.....	24
3.2.10 Esmerleşme indeksi.....	25
3.2.11 Renk tayini	25

3.2.12 Duyusal analiz.....	26
3.2.13 İstatistiksel analiz.....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları ve Tartışma	27
4.2 Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks) Analiz Sonuçları ve Tartışma.....	31
4.3 pH Tayin Sonuçları ve Tartışma	32
4.4 Toplam Asitlik Tayin Sonuçları ve Tartışma	34
4.5 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayin Sonuçları ve Tartışma.....	36
4.6 Antioksidan Kapasite Tayin Sonuçları ve Tartışma.....	38
4.7 Toplam Karotenoid Madde Miktarı Tayin Sonuçları ve Tartışma.....	40
4.8 Askorbik Asit Tayin Sonuçları ve Tartışma.....	42
4.9 Hidroksimetil furfural (HMF) Tayin Sonuçları ve Tartışma	44
4.10 Esmerleşme İndeksi Tayin Sonuçları ve Tartışma	46
4.11 L^* Değeri.....	48
4.12 a^* Değeri	50
4.13 b^* Değeri	52
4.14 Kroma (C^*) Değeri.....	54
4.15 Hue Açısı (α°) Değeri.....	55
4.16 Toplam Renk Değişimi (ΔE) Değeri	57
4.17 Duyusal Analiz Değerlendirmesi	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ.....	76

KISALTMALAR

α- karoten	: Alfa-karoten
α-kriptoksantin	: Alfa-kriptoksantin
β- kriptoksantin	: Beta-kriptoksantin
β-karoten	: Beta-karoten
DPPH	: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
FDA	: Gıda ve İlaç Dairesi
FTS	: Fizyolojik Tuzlu Su
GAE	: Gallik Asit Eş Değeri
HMF	: Hidroksimetil furfural
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
kHz	: Kilohertz
Kob	: Koloni Oluşturan Birim
MEYED	: Meyve Suyu Endüstrisi Derneği
mHz	: Megahertz
MPa	: Megapaskal
MS	: Manosonikasyon
MTS	: Manotermosonikasyon
PTS	: Geleneksel Pastörizasyon
PCA	: Plate Count Agar
PDA	: Potato Dextrose Agar
PME	: Pektin Metil Esteraz
PPO	: Polifenol Oksidaz
POD	: Peroksidaz
TS	: Termosonikasyon
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
US	: Ultrasonikasyon
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

SEMBOLLER

a^*	: Rengin kırmızılığı (+) ya da yeşilliği (-)
b^*	: Rengin sarılığı (+) ya da maviliği (-)
C^*	: Renk yoğunluğu (kroma)
ϵ	: Ekstinksiyon katsayısı
F	: Faktör
f	: Frekans
L^*	: Parlaklık
N	: Normalite
S	: Sarfiyat
T	: Sıcaklık
V	: Hacim
W	: Güç
α°	: Hue açısı
ΔE	: Renk değişimi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Portakal meyvesindeki bazı bileşenler (Kökyar, 2012).....	7
Çizelge 2.2 : Çeşitli sebzelerdeki β -karoten miktarları (Arscott ve Tannumihardjo, 2010).....	8
Çizelge 2.3 : Havucun besinsel içerik değerleri (Holland ve diğ, 1991).....	9
Çizelge 3.1 : HPLC cihazının özellikleri ve gradient koşulları.....	25
Çizelge 4.1 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.2 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında suda çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Briks) değerleri.....	31
Çizelge 4.3 : Farklı uygulamalarla işlenen elma-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında pH değerleri.....	33
Çizelge 4.4 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında titrasyon asitliği (g/100 mL) değerleri.....	35
Çizelge 4.5 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100 mL) değerleri.....	37
Çizelge 4.6 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında antioksidan kapasite (μ mol Troloks/mL) değerleri.....	39
Çizelge 4.7 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam karotenoid madde miktarı (mg/L β -karoten) değerleri.....	41
Çizelge 4.8 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında askorbik asit (mg/100 mL) değerleri.....	43
Çizelge 4.9 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında HMF (mg/L) değerleri.....	45
Çizelge 4.10 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında esmerleşme indeksi (absorbans) değerleri.....	47
Çizelge 4.11 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında L^* değerleri.....	48
Çizelge 4.12 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında a^* değerleri.....	50
Çizelge 4.13 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında b^* değerleri.....	52
Çizelge 4.14 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında kroma (C^*) değerleri.....	54
Çizelge 4.15 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında hue açısı (α°) değerleri.....	56
Çizelge 4.16 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam renk değişimi (ΔE) değerleri.....	57

Çizelge 4.17 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin duysal analiz sonuçları.....	58
--	-----------



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 2.1** : Portakalın yapısı ve kısımları (Tetra-pak, 2020)..... 7
- Şekil 2.2** : Ses frekans aralıkları (a) duyulabilir ses 16 Hz-18 kHz; (b) yüksek enerjili ultrases 20 kHz-100 kHz; (c) sonokimyanın kullanım aralığı 20 kHz-1 MHz; (d) tanısal ultrases 5 MHz-10 MHz (Mason ve diğ, 2005)..... 14
- Şekil 2.3** : Akustik kaviteasyon olayı (Başlar,2011). 15



ULTRASON UYGULAMALARININ PORTAKAL-HAVUÇ SUYU KARIŞIMININ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada 60:40 oranında hazırlanan portakal-havuç suyu karışımı, geleneksel pastörizasyon (PST) (90 °C, 1 dakika), ultrasonikasyon (US) (30 dakika) ve 40 °C, 50 °C ve 60 °C sıcaklıkta termosonikasyon (US+°C) işlemlerine tabi tutulmuştur. Uygulanan işlemler sonrasında elde edilen portakal-havuç suyu karışımı örnekleri buzdolabı (4±0,5 °C) ve oda sıcaklığı (25±0,5 °C) şartlarında 28 gün boyunca depolanmıştır. Kontrol (işlem uygulanmamış), PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin 0., 14., ve 28. gün örneklerine belirlenen kalite ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır.

Farklı işlemler uygulanan portakal-havuç suyu örneklerinin buzdolabı (4±0,5 °C) ve oda sıcaklığı (25±0,5 °C) şartlarında 28 gün boyunca depolanması sonucunda PST, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin mikrobiyolojik raf ömürlerinin devam ettiği ve tüketilebilir durumda oldukları belirlenmiştir. Sonikasyon uygulamaları ile örneklerin titrasyon asitliği değerleri kontrole kıyasla önemli bir değişiklik göstermezken ($p>0,05$), °briks değerleri ise kontrole göre düşmüştür ($p<0,05$). Uygulamalar sonucunda işlenmiş örneklerin (US hariç) pH değerlerinde kontrol örneğine kıyasla artış meydana gelmiştir. 28 gün depolama sonunda ise PST ve US+60 °C örneklerinin pH değerleri arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Toplam fenolik madde miktarında kontrol örneğine göre azalma olmuştur ($p<0,05$). En yüksek toplam fenolik madde miktarı US+40 °C örneğinde belirlenirken en düşük toplam fenolik madde PST örneğinde tespit edilmiştir. Sonikasyon uygulanmış örneklerden US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin antioksidan kapasite değerleri kontrol örneğine göre artış göstermiştir ($p<0,05$). 28 gün depolama sonrasında ise genel olarak antioksidan kapasite değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Toplam karotenoid madde miktarı en düşük US+60 °C örneğinde tespit edilmiştir. US ve US+40 °C örneklerinin karotenoid madde miktarının ise kontrol örneği ile arasında önemli fark bulunmamıştır. 28 gün depolama sonunda 4 °C’de depolanan örneklerin toplam karotenoid madde miktarının arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Askorbik asit miktarında kontrol örneğine kıyasla sonikasyon uygulanan tüm örneklerin değerlerinde önemli bir değişiklik belirlenmemiştir ($p>0,05$). PST örneğinin askorbik asit miktarında ise kontrol örneğine kıyasla azalma olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Hidroksimetil furfural (HMF) miktarında en yüksek değer US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde tespit edilirken sonikasyon uygulamalarında sıcaklık arttıkça HMF miktarının da arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). 28 gün depolama sonrasında ise genel olarak HMF miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Esmerleşme indeksi değerlerinde yalnızca US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde kontrol örneğine göre artış belirlenmiştir ($p<0,05$). Uygulamalar sonrası örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin kontrole göre farklılık ($p<0,05$) gösterdiği gözlemlenmiştir. Depolama süresince örneklerin L^* ve b^* değerlerinin azaldığı, a^*

değerinin ise arttığı belirlenmiştir. US ve US+40 °C örneklerinin toplam renk değişimlerinin PST uygulamasına kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir. PST, US+50 °C ve US+60 °C işlemlerini takiben kontrol örneği ile karşılaştırıldığında 0. gün örneklerinde bakteri ve maya-küf gözlenmemiş ve önemli düzeyde inaktivasyon sağlandığı belirlenmiştir. Duyusal analiz sonucunda ise sonikasyon uygulamalarının genel beğeni açısından örnekler arasında bir farka neden olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Anahtar kelimeler: portakal-havuç suyu, ultrasonikasyon, antioksidan kapasite, fenolik madde, bakteri, maya-küf.



INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ULTRASOUND TREATMENTS ON THE QUALITY PROPERTIES OF ORANGE-CARROT JUICE BLEND

SUMMARY

In current study, the mixture of orange and carrot juice prepared at a ratio of 60:40 was processed with traditional pasteurization (PST) at 90 °C for a min, ultrason (US) for a 30 min and thermosonication (US+heat) at 40 °C, 50 °C and 60 °C for 30 min. The obtained orange-carrot juice mixture were stored at both room temperature (25±0.5 °C) and cold storage (4±0.5 °C) for 28 days. the selected quality and microbiological analyses of control (untreated), PST, US, US+40 °C, US+50 °C and US+60 °C samples were performed on days 0, 14, and 28.

It was determined that PST, US+50 °C and US+60 °C samples pursued their microbiological shelf life and consumable properties at the end of 28 days of cold storage (4±0.5 °C) and room temperature (25±0.5 °C). While the titratable acidity values of the samples did not show a significant change compared to the control ($p>0.05$), the °brix values were shown a decrease compared to the control ($p<0.05$) by US treatments. There was an increase in the pH values of treated samples (except US) compared to the control sample ($p>0.05$). After 28 days of storage, no significant difference was observed between the pH values of the PST and US+60 °C samples ($p>0.05$). The total phenolic compounds of samples exposed to US were shown a significant decrease compared to the control sample ($p<0.05$). While the highest total phenolic content was determined for the US+40 °C sample, the lowest total phenolic content was determined for the PST sample. The antioxidant capacity of the US+50 °C and US+60 °C samples shown a significant increase compared to the control sample ($p<0.05$). A general decrease in antioxidant capacity of all samples was observed at the end of 28 days of storage. The lowest amount of total carotenoids were determined in the US+60 °C sample. There was no significant difference in the amount of total carotenoids in the US and US+40 °C samples with the control sample. It was determined that the total amount of carotenoids were shown a significant increase in the samples stored at 4 °C ($p<0.05$) at the end of 28 days of storage. There was no significant change in the ascorbic acid content of all sonicated samples compared to the control sample ($p>0.05$). PST sample showed a decrease in the ascorbic acid content compared to the control sample ($p<0.05$). While the highest HMF values were observed for US+50 °C ve US+60 °C samples, it was determined that the HMF values increased with the higher temperature in sonication process. After 28 days of storage, a general increase was observed in the amount of HMF values. There was an increase in browning index only in the US+50 °C and US+60 °C samples compared to the control sample ($p<0.05$). L^* , a^* and b^* values of treated samples showed a significant difference compared to the control samples ($p<0.05$). While the L^* and b^* values of the samples were decreased at the storage, the a^* value was increased. It was determined that the color changes of US and US+40 °C samples were lower compared to PST. With the application of PST, US+50 °C and US+60 °C treatments, bacteria and yeast-mold were not observed in the samples on day 0. A significant level of

inactivation was achieved. No significant differences were observed between sonicated samples and control ($p>0.05$) for sensory evaluation of orange-carrot juice samples.

Keywords: Orange-carrot juice, ultrasonication, phenolic compound, antioxidant capacity, bacteria, yeast-mold.



1. GİRİŞ

Epidemiyolojik çalışmalar ile insan diyetinde meyve ve sebze tüketim miktarının artmasının tüketici sağlığına çok sayıda fayda sağlayacağı kanıtlanmıştır. Düzenli meyve ve sebze tüketimi, kanser, diyabet, dejeneratif hastalıklar, kardiyovasküler hastalıklar ve yaşlanma gibi çeşitli hastalıkların önlenmesine yardımcı olur. Meyve ve sebzelerin sağlığa faydası, flavonoidler, fenolik asitler ve karotenoidler gibi içeriklerinde bulunan farklı fitokimyasallardan ileri gelir (He ve Giusti, 2010).

Meyve ve sebzelere olan ilginin her geçen gün artmasındaki en önemli nedenlerden biri de içeriğindeki antioksidanlardır. Antioksidanların oksidatif stresten kaynaklı pek çok hastalığı önlediği yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Sağlıklı yaşam açısından ne kadar önemli oldukları anlaşılmıştır (Sun ve diğ., 2002). Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun "5 a day" programı ile günde 5 porsiyon (en az 400 g) meyve ve sebze tüketilmesini tavsiye etmesinin başlıca nedeni de budur (Aguda, 2004).

Besin piramidinin ikinci basamağında bulunan ve geniş bir tabanı oluşturan meyve ve sebzeler içeriğindeki sağlığa faydalı bileşiminin yanında hoşça giden tatları ve sindirim sistemine olumlu etkileri nedeniyle günlük diyetimizde olması gereken gıdalardır. Ülkemizde hem meyve ve sebze çeşitliliği hem de yaygınlığı ile zengin bir üretim alanı vardır. Meyve ve sebzeler kolay elde edildikleri ve/veya bol ve ucuz oldukları dönemlerde çeşitli yöntemlerle işlenir ve değerlendirilirler. Bu değerlendirme yollarının en verimlisi ise meyve/sebze suyu üretimidir (Gülcü, 2008).

Meyvenin işlenerek meyve suyu elde etme sebeplerinden birisi de meyve suyu içeriğinde bulunan farklı oranlardaki serbest suyun fiziksel olarak uçurulması sonucunda elde edilen konsantre ile depolama, ambalajlama ve taşıma masraflarının büyük oranda azaltılmasıdır. Bunun yanında mikrobiyolojik olarak da daha dayanıklı bir ürün de elde edilmektedir (Arpaç, 2006).

Gıdaların sağlıklı ve güvenli içeriklerinin süresini uzatmak için besin kayıplarını en aza indirmek ve dayanıklılıklarını arttırarak muhafaza etmek gerekir. Gıda koruma ve işlemenin temeli, gıdanın ilk günlük tazelikliğini bozmadan veya buna en yakın içerik

özelliklerinde muhafaza edildiği raf ömrünü uzatmaktadır. Bu da gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde istenmeyen yönde oluşabilecek bozulmaların önlenmesi ile gerçekleştirilebilir (Özhan, 2000).

Ancak meyve ve sebze suları genellikle kötü işleme ve uygun olmayan depolama koşulları gibi nedenler ile kalite kaybına maruz kalır ve sonucunda kalite ve güvenlik sorunları oluşturur (Nwachukwu ve Ezeigbo, 2013). Meyve sularının üretilmesinde mikrobiyal riskleri ve enzim aktivitesini azaltmak ayrıca ürün stabilitesini sağlamak ve depolanmasını kolaylaştırmak için ayıklama, presleme, durultma, pastörizasyon ve konsantrasyon gibi uygulamalara ihtiyaç duyulur (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001). Bu işlemler arasından hem insan sağlığını hem de ürün kalitesini etkileyen en önemli basamaklardan biri pastörizasyondur. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) meyve sularındaki mikroorganizma sayısında 5 log azalma sağlayacak ısı işlemi pastörizasyon normu olarak belirlemiştir (Salleh-Mack ve Roberts, 2007). Fakat çoğu gıda gibi meyve-sebze suları da fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından ısı işlem uygulamalarına karşı hassastır.

Isıl işlem uçucu bileşenler, vitaminler, karotenoidler, antosiyaninler, organik asitler, pH ve renk gibi besleyici ve fizikokimyasal özelliklerinde olumsuz değişikliklere sebep olabilmektedir (Zinoviadou ve diğ, 2015; Dinçer ve Topuz, 2015; Anaya-Esparza ve diğ, 2017). Gıdaların bu hassasiyeti daha az zaman, su ve enerji harcayan, pastörizasyon gibi temel işlemlerle kombinasyon halinde kullanılabilen yenilikçi ve sürdürülebilir tekniklerin keşfini ve kullanımını gerektirmiştir (Chemat ve Khan, 2011). Gıdaları muhafaza etmede termal proseslere alternatif olarak kullanılan nontermal tekniklerden bazıları; darbeli elektrik alan, yüksek basınç, darbeli ışık, mikrofiltrasyon ve ultrasonikasyondur.

Gıda endüstrisinde son yıllardaki gelişmelerde, ultrasonik dalgaların gıdaların işlemedeki çeşitli aşamalarda kullanılabileceği keşfedilmiştir. Ultrasonik dalgaların ısı uygulamalar ile kombinasyonu ile ısı işlem sıcaklığının ve/veya süresinin düşürülerek gıdaların sterilizasyon uygulaması hızlandırılabilir. Ultrason uygulamasının lezzet kaybını (özellikle tatlı meyve sularında) en aza indirmesi ve dikkate değer düzeyde bir enerji tasarrufu sağlaması pastörizasyon uygulamasına kıyasla önemli avantajlardır.

Gıda muhafaza yöntemi olarak kullanılan ultrason uygulamalarında sıcaklık ve basınç gibi farklı kombinasyonlarla uygulanması işlemin etkisini arttırmaktadır. Ayrıca ısıtma, ekstrem pH ve klorlama gibi diğer dekontaminasyon işlemleri ile birlikte uygulandığında mikroorganizma inaktivasyonunda daha etkili olmaktadır (Piyasena ve diğ, 2003).

Son zamanlarda kaliteyi arttırmak için meyve sularının işlenmesinde termosonikasyon olarak bilinen ultrason ve ısı kombinasyonu kullanılmaktadır (Anaya-Esparza ve diğ, 2017). Termosonikasyon uygulaması ananas, üzüm, kıvılcık (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2012), mango (Kiang ve diğ, 2013), elma (Abid ve diğ, 2014), karadut (Dinçer ve Topuz, 2015), havuç (Jabbar ve diğ, 2015) ve armut (Saeeduddin ve diğ, 2015) gibi pek çok meyve ve sebzenin suyunu işlemede başarıyla uygulanmıştır. Ultrason uygulamasının, sadece termal yöntemlerle işlenen meyve sularına kıyasla daha yüksek biyoaktif bileşik seviyesini koruyarak üstün kalitede meyve suları verdiği bilinmektedir (Jabbar ve diğ, 2015).

1.1 Tezin Amacı

Bu tezde, günümüzde meyve-sebze suyu işlemede tüketicilerin ve üreticilerin duyuşal ve besinsel özellikleri mümkün olduğunca korunmuş, yüksek kalitedeki ürün taleplerini karşılamada kullanılmak üzere klasik termal pastörizasyon yerine alternatif olarak kullanılabilcek ultrasonikasyon ve termosonikasyon uygulamalarını kıyaslayarak, ultrason uygulamalarının portakal-havuç suyunun hem kalite özellikleri üzerine etkileri araştırılmış hem de klasik termal pastörizasyonla sağlanmak istenen mikrobiyal güvenliği sağlamak amaçlanmıştır.

1.2 Hipotez

Meyve sularının üretimindeki en kritik basamaklardan biri pastörizasyondur. Pastörizasyon ile meydana gelen kalite kaybını en aza indirmek için alternatif teknolojiler geliştirilmektedir. Ultrason uygulaması da, meyve sularının mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonunda uygulanan, ısı uygulamalara alternatif ısı olmayan bir gıda muhafaza yöntemidir. Bu uygulama ile gıda güvenliğinin yanında besinsel, duyuşal ve görsel kalite özelliklerinin iyileştirilebileceği daha önceki çalışmalara dayanılarak söylenilebilir. Ancak birçok çalışma, ultrason uygulamasının tek başına

gıda güvenliğini sağlama amacıyla kullanılabilir bir uygulama olmadığını göstermektedir. Bu tez çalışmasında taze sıkım yüksek besin değerine sahip havuç suyu ile portakal suyunu harmanlayarak çoğu mikroorganizmanın gelişimini engelleyecek düşük pH değerine sahip bir karışım meyve-sebze suyu üretilerek elde edilen bu ürüne uygulanan pastörizasyon, ultrasonikasyon ve termosonikasyon işlemlerinin ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal özellikleri üzerine olan etkilerinin ortaya konması amaçlanmaktadır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Meyve Suyu Endüstrisi

Meyve suları; aroması, ferahlatıcı etkisi, sindirime katkısı ve bileşiminde bulunan şekerler, organik asitler, aminoasitler, mineral maddeler, fenolik maddeler, suda çözünen vitaminler vb. bileşim maddeleri nedeniyle önemli bir besin kaynağıdır. Turunçgil ve üzüksü sularındaki C vitamini, turunçgil, kayısı ve şeftali sularındaki provitamin A (beta karoten), bütün meyve sularındaki fenolik maddeler ve Mg, Fe, P, K gibi mineral maddeler meyve sularının insan sağlığı için ne kadar önemli olduğunun göstergesidir (Doyuran ve Gültekin, 2002).

Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği (Tebliğ No: 2014/34)'ne göre meyve suyu: Sağlam, olgun, taze veya soğukta ya da dondurularak muhafaza edilmiş, tek meyvenin veya daha fazla meyve karışımının yenilebilir kısımlarından elde edilen, elde edildiği meyve ve meyvelerin karakteristik renk, aroma ve tadına sahip, fermente olmamış ancak fermente olabilen ürünü, ifade eder (TGK,2014). Meyve suları, meyve suyunun berraklığı, meyve eti içermesi, katkı yapılması gibi çeşitli ölçüler göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. Buna göre meyve suları; berrak meyve suları, meyve nektarları ve meyveli içecekler olarak sınıflandırıldığı gibi, berrak meyve suları, meyve nektarları ve turunçgil suları olarak da sınıflandırılabilir. Berrak meyve sularında meyve oranı genellikle %100, meyve nektarlarında %25-50, meyveli içeceklerde en az %10 olmaktadır. Günümüzde meyve suları çoğunlukla meyve suyu konsantrelerinden, meyve nektarları meyve pulpundan, meyveli içecekler ise meyve suyu veya püresinden hazırlanmaktadır (Doyuran ve Gültekin, 2002).

1860'larda Pasteur'un meyve sularını dayandırma çalışmaları sonucunda meyve suyu teknolojisinin dünyadaki gelişimi başlamıştır. Pasteur sıcaklığa bağımlı ve fermentasyona neden olan mikro canlıların varlığını açıklamıştır. 1895 yılında ise Prof. Mülleri'in çalışmaları ile meyve suyu teknolojisi İsviçre'de önem kazanmaya

başlamış ve günümüzde de meyve suyu tüketimi özellikle gelişmiş ülkelerde büyük artış göstermiştir (Öktem, 1980). Ülkemizde meyve suyu üretimi ise 1960'lı yılların sonlarında başlamıştır (TC-Ekonomi Bakanlığı, 2016).

Dünya meyve suyu ihracatında 2015 yılı itibariyle portakal suları (%36,3) en fazla paya sahip olan ürün grubudur. Diğer meyve/sebze suları (%16,4), elma suyu (%14,8) ve karışık meyve/sebze suları (%12,1) da dünya ticaretinde öne çıkan diğer meyve suyu çeşitleridir.

Ülkemizde ise iç pazarda özellikle şeftali, vişne, kayısı ve karışık meyve nektarları tüketilmekte olup ihracatta ağırlıklı olarak elma suları önem kazanmıştır. MEYED'in 2015 yılı verilerine göre meyve suyuna işlenen meyveler arasında elma %47,8 pay (458 bin ton) ile ilk sırada gelmekte, söz konusu ürünü %10,9 pay (104 bin ton) ile şeftali, %10,4 pay (100 bin ton) ile nar, %9,3 pay (89 bin ton) ile portakal ve %6,3 pay (60 bin ton) ile vişne takip etmektedir. Havuç (siyah ve sarı), kayısı, üzüm, limon, ayva, domates ve çilek ise meyve suyuna işlenen diğer meyve sebzelerdir (TC-Ekonomi Bakanlığı, 2016).

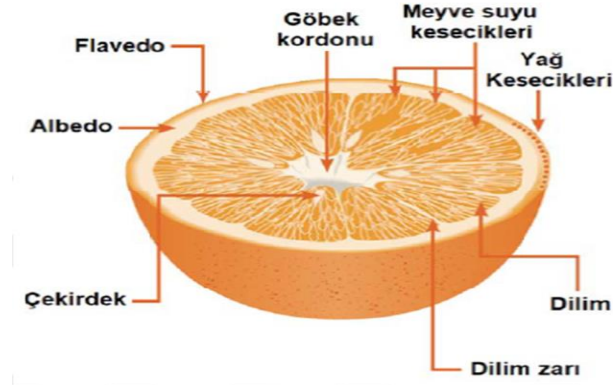
2.2 Portakal

Turunçgil üretimi ülkemizde son derece önemlidir. Türkiye'de özellikle de Akdeniz ve Ege bölgeleri turunçgil üretim ve pazarlaması bakımından oldukça elverişli ekolojik koşullara sahiptir. Ülkemizde üzüm ve elmadan sonra en çok üretimi yapılan meyve portakaldır (Işık ve diğ, 2008).

Portakal, Citrus cinsi bir ağaç olan *Citrus sinensis*'in bir meyvesidir (Karaaslan ve Erdem, 2014). Turunçgiller sınıfında bulunan portakal; mandarin ve şodok melezi olarak kabul edilir (Barrett ve Rhodes, 1976). Portakalların 100'den fazla çeşidi tanımlanmış olup; göbekli portakallar, normal portakallar, şeker portakalları ve kan portakalları olmak üzere 4 ana gruba ayrılmışlardır (Köksal, 1992)

Portakal, mumsu yüzeye sahip ve kabukla çevrelenerek korunan meyve suyu kesesi topu şeklinde bir yapıdadır. Şekil 2.1'de portakalın yapısı ve kısımları gösterilmiştir. Kabuk yapısı, flavedo denilen ince ve renkli bir dış katman ile albedo denilen daha kalın ve lifli bir iç katmandan oluşur. Meyveye karakteristik rengi veren turuncu renkli bileşikler olan karotenoidler, flavedo tabakasında bulunur. Ayrıca flavedoda, portakalın kendine has tadına ve aromasına katkıda bulunan kabuk yağı içeren

kesecikler bulunur. Albedo tabakası beyaz renkli ve süngerimsi yapıdadır. İşlemede kullanılan teknolojiye göre üretilen portakal suyunun kalitesini olumsuz etkileyen flavonoidler, d-limonen, limonin ve pektin gibi bazı bileşenleri içermektedir (Tetra-Pak, 2004).



Şekil 2.1 : Portakalın yapısı ve kısımları (Tetra-pak, 2020).

Endokarp ise meyvenin yenilebilen kısmının adıdır. Merkezde bulunan göbek kordonu, çekirdek, segmentler (dilimler) ve segment duvarlarından (dilim zarları) oluşur. Segmentler birbirine mumsu bir tabaka ile bağlanmış meyve suyu keseciklerinden oluşur. Segmentlerin içinde ise çekirdekler bulunur. Portakal suyu keseciklerinde meyve suyu, yağ ve lipit bulunur. Portakal meyvesindeki bazı bileşenlerin derişimi Çizelge 2.1'de verilmiştir (Kökyar, 2012).

Çizelge 2.1 : Portakal meyvesindeki bazı bileşenler (Kökyar, 2012).

Bileşenler	Derişimleri
Su	860 (g/kg)
Protein	7,0-13,0 (g/kg)
Yağ	1,0-3,0 (g/kg)
Lif	5,0 (g/kg)
Kül	5,0-7,0 (g/kg)
Kalsiyum	400-430 (mg/kg)
Fosfor	170-220 (mg/kg)
Demir	2,0-8,0 (mg/kg)
Karoten	1200 (μ g/kg) (Vitamin A)
Thiamin	1,0 (mg/kg)
Riboflavin	0,4 (mg/kg)

Portakal meyvesinin bileşenleri arasındaki en büyük orana sahip madde sudur. Portakalın karbonhidratlar, organik asitler, aminoasitler, askorbik asit, mineraller ile iz miktarda flavanoidler, karotenoidler, uçucu maddeler ve lipitler gibi 400'den fazla bileşeni vardır (Duran, 2011).

2.3 Havuç

Havuç, maydonozgiller (*Apiaceae*) familyasında bulunan, bilimsel adı *Daucus carota L.* olan koni biçimindeki etli kökü için yetiştirilen iki yıllık otsu kültür bitkisidir (Yağcılar, 2012). Botanik sınıflandırmaya göre havuçlar antosiyanin ve karoten olmak üzere ikiye ayrılır. Antosiyanin gruba ait olan havuçlar mor antosiyanin pigmentlerine sahiptir ve siyah havuç olarak adlandırılır. Karoten gruba ait olan havuçlar ise rengini karoten grubu pigmentlerden alır ve turuncu renktedir (Tangüler, 2010). İnsanların tükettiği gıdalar arasında en yüksek karoten içeriğine sahip sebze havuçtur. Çeşitli sebzelerdeki β -karoten miktarları Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Çeşitli sebzelerdeki β -karoten miktarları (Arscott ve Tannumihardjo, 2010).

Sebze	B-karoten, ppm
Dolmalık biber	2
Brokoli	8
Brüksel lahanası	4
Lahana	0,1
Havuç	88
Kereviz	1,5
Kara lahana	33
Tatlı mısır	0,1
Salatalıklar	1,4
Göbek salata	2
Yaprak marul	13
Soğanlar	0
Patatesler	0,06
Patlıcan konservesi	70
Taze fasulye	4
Ispanak	56
Kabak	2
Tatlı patatesler	92
Domatesler	4

Havuç; kalsiyum, fosfor, demir ve magnezyum gibi mineraller açısından iyi bir kaynaktır. Havuçta yirmi çeşit mineralin bulunduğu ve en fazla potasyumun yer aldığı bildirilmektedir. Potasyum miktarının turuncu-sarı-beyaz havuçta 579 mg/100 g ve mor havuçta 443-758 mg/100 g aralığında olduğu aktarılmaktadır (Arscott ve Tannumihardjo, 2010). Ayrıca havuçta kalsiyum (34 mg/100 g) bakır (0,02 mg/100 g), karoten (5,33 mg/100 g), tiamin (0,04 mmg/100 g), riboflavin (0,02 mg/100 g), niasin (0,2 mg/100 g) olarak saptanmış ve havucun enerji değerinin ise 126 kJ/100 g olarak bildirilmiştir (Sharma ve diğ, 2012). Havucun besinsel içerik değerleri Çizelge 2.3'te gösterilmiştir (Holland ve diğ, 1991).

Çizelge 2.3 : Havucun besinsel içerik değerleri (Holland ve diğ, 1991).

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

Havuç taze tüketim ve pişirme dışında kurutularak ve konserve edilerek de değerlendirilebilir. Ayrıca havuç suyu ve konsantresi olarak da tüketilir. Havuç suyu, dünyanın pek çok yerinde yaygın olarak yetiştirilen havuç sebzesinin kökünden elde edilmektedir.

Havuç suyu; sadece vitaminler, mineraller ve lif gibi birçok önemli diyet bileşenini içermekle kalmamakta, aynı zamanda insan sağlığına yarar sağlayan biyoaktif bileşiklerin kaynağını da oluşturmaktadır. Havuç suyunun DNA hasarını ve iltihaplanmayı azaltması, antioksidan aktiviteyi artırması gibi yararlı fizyolojik etkilerinin bulunduğu bilinmektedir (Zou ve Jiang, 2016). Yapılan araştırmalarda havuç suyu tüketiminin alzheimer hastalığına yakalanma riskini %76 oranında azalttığı belirtilmiştir. Haftada 3 veya daha çok kez meyve-sebze suyu tüketenlerin haftada 1 veya daha az tüketenlere göre %76 oranında daha az sinirsel hastalıklara yakalanma risklerinin olduğu belirtilmiştir (Borenstein ve diğ, 2006).

Havuç suyu üretimi pulplu olarak tek başına gerçekleştirilebileceği gibi preslenerek berrak sebze suyu şeklinde üretilip, diğer berrak ya da pulplu meyve suyu çeşitleriyle karıştırılarak da tüketime sunulabilmektedir (Acar,1990).

2.4 Meyve ve Sebze Sularının Bazı Kalite Parametreleri

2.4.1 Toplam fenolik madde

Meyve ve sebzelerin neredeyse hepsinde az veya çok miktarlarda bulunan fenolik maddeler, meyve-sebze sularında acılık ve burukluk gibi tadın oluşumunda ve meyveye özgü kırmızı-mor renk oluşumunda etkilidirler. Fenolik maddeler oksidasyona uğradıklarında sarı-kahverengi polimerik bileşiklere dönüşürler ve ürünlerin depolanma sürecinde ürünün doğal renginin bozulması ve/veya üründe bulanma gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Ancak fenolik maddeler meyveye özgü renk ve tadın oluşumunu sağladıkları için tamamiyle meyve suyundan uzaklaştırılmaz ancak berraklığın kalıcı olması için meyve sularında belirli bir miktarın altına düşürülmesi gerekmektedir (Acar ve Gökmen, 2000).

Fenolik maddeler, benzen halkası içerirler. Bir tane hidroksil grubu içeren benzen yani fenol, en basit olan fenolik bileşiktir. Tüm fenolik maddeler fenolden türemişlerdir. Fenolik maddeler, fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere ikiye ayrılır. Fenolik asitler, hidrosisinamik asitler, hidroksibenzoik asitler, hidrosisinamik türevleri; flavonoidler ise antosiyanidinler, kateşinler, löykantosiyandinler, flavonoller, flavonlar, flavanonlar, proantosiyandinler ve dihidrokalkonlar gibi çeşitli gruplara ayrılmaktadır (Karadeniz ve Ekşi, 2001).

Fenolik maddeler meyve ve sebzelerin bileşiminde bulunan faydalı bileşiklerdendir. Aktif oksijen türünün ve elektrofillerin temizlenmesine, nitrosasyonun engellenmesine ve metal iyonlarının şelatlanmasına, otomatik oksidasyon potansiyeline ve bazı hücrel enzim aktivitelerini modüle etme kabiliyetine sahip olmalarına izin veren antioksidan aktiviteye sahip oldukları bildirilmektedir (Zhang ve Hamauzu, 2004). Antioksidan aktiviteye sahip olmaları etkisiyle dejeneratif hastalıkları önlemede, antialerjik, antiaterogenik, anti-iflamatuar, antimikrobiyal, antioksidant, antitrombotik, kardioprotektif ajan olarak görev yaparak insan sağlığı üzerinde önemli faydalar sağlarlar (Shahidi ve Nacz, 1995).

2.4.2 Antioksidan kapasite

Canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye gereksinim duyarlar ve bu enerji ihtiyacını glikoz ve yağ asitleri gibi moleküllerin okside edilmesi ile elde ederler. Bu oksidasyon reaksiyonları ise reaktif oksijen formları denilen ve içinde oksijen bulunduran serbest radikalleri oluşturur. (Murthy ve diğ, 2002).

Metabolizmada gerçekleşen oksidasyon-redüksiyon tepkimeleri veya çeşitli fiziksel etmenler nedeniyle serbest radikaller oluşur. Bu radikaller yüksek reaktif özelliğe sahiptirler. Hücre zarına ve yapısında buluna protein, lipid, karbonhidrat, enzim ve nükleik asitler gibi biyomoleküllere zarar vermektedirler. Vücudun savunma mekanizmasının bu radikallere karşı yetersiz kaldığı durumlarda “oksidatif stres” denilen ve yaşlanma, kanser, kalp-damar hastalıkları, akciğer hastalıkları, diyabet, katarakt gibi çeşitli hastalıklara neden olabilen durum ortaya çıkmaktadır (Hybertson ve diğ, 2011).

Gıdalardaki ve canlı dokulardaki lipid, protein ve DNA gibi moleküllerin oksidasyonunu geciktiren veya engelleyen maddeler antioksidanlar olarak adlandırılır (Dereli, 2010). Beslenmedeki ana maddelerden olan lipidlerin oksidatif olarak bozulmasını engelleyerek gıdaların kalitesini korur (Öztürk ve diğ, 1999).

Askorbik asit, tokoferol, karotenoid, flavonoid, antosiyanin, kumarin, kateşin gibi farklı miktar ve nitelikteki antioksidan özellik gösteren biyoaktif bileşenler meyve ve sebzeler başta olmak üzere tahıl, kurubaklagil, baharat ve çay gibi bitkisel gıdalarda bulunur (Çolak ve Ulusoy, 2005). Özellikle C vitaminin yüksek miktarlarda bulunduğu turunçgillerde ve turunçgil sularında antioksidan etkinin yüksek olduğu bilinmektedir (Gardner ve diğ, 2000).

2.4.3 Toplam karotenoid miktarı

Bileşimlerinde buldukları gıdalara sarı-kırmızı renk veren ve yağda çözünebilen pigment grubuna karotenoid denir. Karotenler ($C_{40}H_{56}$) ve ksantofiller olmak üzere iki alt gruptan oluşur. Karotenler hidrokarbonlardan, ksantofiller ise karotenoidlerin oksijenli türevlerinden oluşur (Cemeroğlu ve diğ, 2004).

Karotenoidler yapısal çeşitliliğe ve sınırsız fonksiyona sahiptir. Doğada yaygın olarak bulunan karotenoidlerin bitkiler, bakteriler, arkeler, küf mantarları tarafından biyosentezi yapılan 600 farklı türü bulunmaktadır. Bu türlerden yaklaşık olarak 50

tanesi günlük diyetinde yer alır, 12 tanesi ise insan kan ve dokularında ölçülebilir miktarlarda bulunur (Umeno ve Karnold, 2003).

Karotenoidler insan sağlığı için önemlidir. Karotenoidlerin önemli fizyolojik fonksiyonu A vitamini öncüsü olmasıdır. Epitel hücrelerinin sağlıklı bir şekilde farklılaşması, üreme ve görme işlevlerinin düzenlenmesi provitamin A'nın başlıca işlevleridir. Retinol, retinal, retinoik asit ve bunlardan oluşan tüm bileşikler retinoidler olarak adlandırılır. β -karoten ve diğer karotenoidler vücuda alındığında retinole dönüşür ve bu oluşan maddeye provitamin A denilir. β -karoten en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir (Karadenizve Erge, 2011).

Karotenoidler meyve ve sebzelerde β -karoten, α -karoten, β -kriptoksantin, α -kriptoksantin,, lutein, violaksantin, zaksantin, neoksantin ve likopen olarak bulunmaktadır (Elbe ve Schwartz, 1996).

Isıl işlem uygulamasının karotenoid miktarını ve provitamin A miktarını arttırdığı çalışmalar literatürde olmakla beraber, ısıl işlem süresinin ve proses süre ve şiddetindeki değişikliklerin karotenoidlerin trans formdan cis forma dönüştüğü çalışmalarda vardır. Meyyve ve sebzelerin yapısında bulunan karotenoidler ısıl işleme oldukça dirençlidir. Meyve ve sebzelerin pişirilmesi sonucu proteinlerin denatüre olması ve hücre duvarının yapısının bozulması sonucunda karotenoidlerin yararlılığı artmaktadır (Hart ve Scott, 1995).

2.4.4 Hidroksimetilfurfural (HMF)

Şeker içeren gıdaların uygun olmayan sıcaklıklarda depolanması ve/veya üretimlerinde uygulanan ısıl işlemler sonucu gerçekleşen kimyasal tepkimelerle hidroksimetilfurfural (HMF) oluşmaktadır. HMF aromatik alkol, aromatik aldehit ve furan halkasından oluşur (Alpözen, 2009).

Meyve sularında HMF miktarı, en önemli kalite parametrelerindedir ve üretim sırasında uygulanan ısı seviyesinin bir göstergesi olarak değerlendirilir. Aynı zamanda şekerli bir ürün olan meyve suyunun uzun zaman depolanmasında zamanla artan HMF oluşumuna neden olabilmektedir. Meyve sularında 5 mg/L'den fazla HMF aşırı ısı yüklemesinin göstergesi olarak kabul edilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2004).

Meyve suyunda hem Maillard reaksiyonu hem de asidik ortamda hegzozların ısı etkisi ile dönüşümü etkili olmaktadır. Bu yüzden meyve sularında HMF oluşumu ve renk

esmerleşmesi yönünden Maillard reaksiyonları önemlidir. Bu reaksiyon sonucunda melanoidin denilen koyu kahve renkli bileşikler oluşmaktadır (Seydim, 1993).

HMF miktarı meyve suyunun kalitesini doğrudan etkiler. Belirli değerlerden fazla miktarda HMF bulunması renkte esmerleşme, ürünün besin değerinde azalma, tat ve kokuda değişime sebep olmaktadır. Bu sebeple gıdalarda izin verilen HMF miktarı sınırlanmıştır (Aijn, 1996).

2.4.5 Suda çözünen kuru madde (°Briks), pH, renk parametreleri

Toplam kuru maddenin suda çözünebilir kısmına denilen suda çözünen kuru madde, üretim ve kalite kontrol aşamalarında önemli bir kriterdir. Meyve suyu üretim proseslerinde briks tayini yapılması üretimin kontrol altında tutulması için önemlidir. Fruktoz ve glukoz olmak üzere şekerler ve sitrik asit, malik asit, tartarik asit gibi organik asitler suda çözünen kuru maddeyi oluşturur (T.C. Resmi Gazete, 2014).

Meyve suları genellikle yüksek asitliğe sahiptirler ve bu nedenle mikrobiyal gelişme için güvenilir gıdalar olarak değerlendirilirler. Ancak hem ısıl işleme dirençli hem de yüksek asitliği seven toprak kökenli basiller içinde bulunan Alicyclobacillus acidoterrestris, meyve suyunda pH 4,5'in altında bile gelişerek bozulmaya neden olabilmektedir (Jensen, 2000).

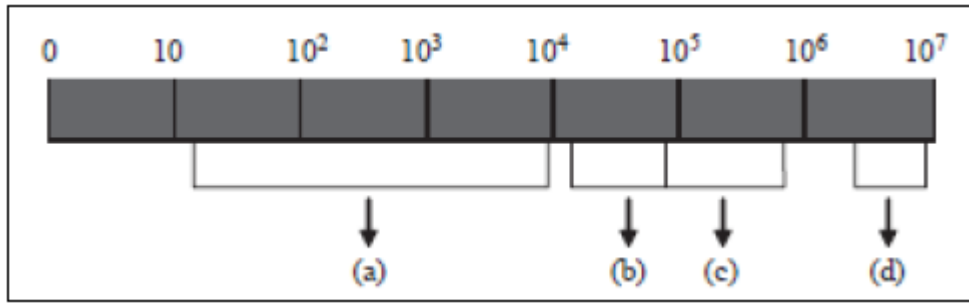
Tüketici talep ve kabul edilebilirliğinde en önemli etkiye sahip olan kalite parametrelerinden biri renktir. Hunter Labscan spektrofotometrik renk ölçer ile CIELAB parametreleri L*, a* ve b*'nin enstrümental ölçümü en yaygın kullanılan yöntemdir (Esteve ve diğ, 2005; Meléndez-Martínez ve diğ, 2005).

2.5 Ultrasonikasyon

Gıdaların besin değerindeki kayıpları en aza indirmek, dayanıklılıklarını arttırmak, sağlıklı ve güvenli kılmak için gıdaları işlemede ve muhafaza etmede temel amaç; gıdanın raf ömrünü, ilk günlük tazeliğini veya tazeliğine en yakın haldeki özelliklerini koruyarak uzatmaktır. Bu da gıdalardaki bozulmaların önlenmesi ile sağlanabilir. Fiziksel ve kimyasal etkenlerle oluşan bozulmalara karşı mikrobiyal gelişimlerin durdurulması ve engellenmesi bozulmaları önlemede birincil yaklaşımdır (Özhan, 2000).

Bozulmaya neden olan mikroorganizmaların yanında bazı mikroorganizmalarda gıdalarda bozulmaya neden olsun veya olmasın patojen oldukları için gıdalarda istenilmez. Gıdalardaki mikroorganizma faaliyetini inaktif etmek için en çok kullanılan yöntemler pastörizasyon ve sterilizasyondur. Isıl işlem uygulanan proseslere alternatif olarak kullanılacak, enerjiyi ve zamanı daha verimli kullanan dolayısıyla da daha ekonomik olan ve çevreye daha duyarlı yeni muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir. Gıda endüstrisinin gelişmesiyle ultrasonik dalgaların gıda işlemede tek başına veya ısıl işlemlerle birlikte kullanılarak hem gıda işleminin farklı aşamalarında hem de sterilizasyonda kullanılabileceği keşfedilmiştir. Ultrasonikasyon işleminin pastörizasyon uygulamasına kıyasla avantajı özellikle tatlı meyve sularında lezzet kaybını minimuma indirmesi ve önemli derecede enerji tasarrufu sağlamasıdır (Piyasena ve diğ., 2003).

Saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim oluşturan, insan kulağının işitme sınırını aşan ses dalgaları ile enerji meydana getirilmesine sonikasyon denir. Ultrasonik ses dalgaları 20 kHz ve daha yüksek frekansa sahip basınç dalgalarıdır. Ses dalgası cihazlarında 20 kHz ile 10 MHz arasındaki frekanslarda ses dalgaları kullanılır. (Ulusoy ve Karakaya, 2011; Charoux ve diğ., 2017). Şekil 2.2'de ses frekans aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Ses frekans aralıkları (a) duylabilir ses 16 Hz-18 kHz; (b) yüksek enerjili ultrases 20 kHz-100 kHz; (c) sonokimyanın kullanım aralığı 20 kHz-1 MHz; (d) tanısal ultrases 5 MHz-10 MHz (Mason ve diğ., 2005).

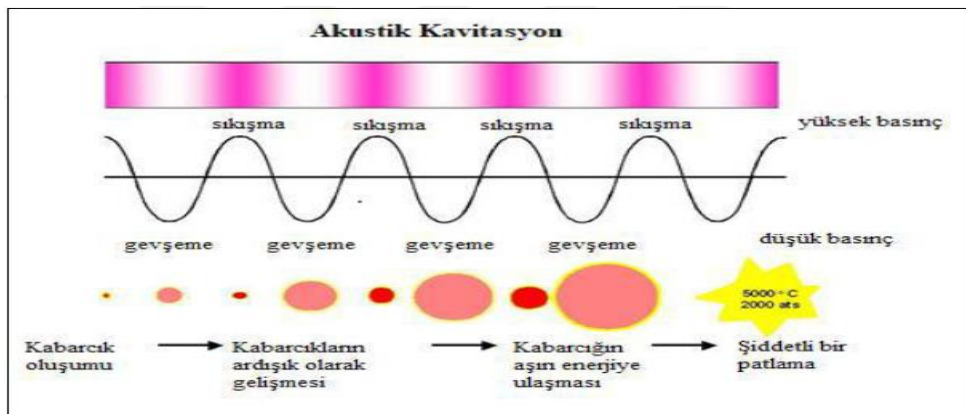
Ultrasonikasyon uygulaması bazı sistemlerde tek başına yeterli olurken bazı sistemlerde yeterli düzeyde inaktivasyon derecesine ulaşmak için ısı ve/veya basınç parametreleri ile birlikte kullanılır. Bunlar; ultrasonikasyon ve ısıl işlem (termosonikasyon, TS), ultrasonikasyon ve basınç (monosonikasyon, MS), ultrason, basınç ve ısıl işlem (monotermosonikasyon, MTS) uygulamalarıdır (Rahman, 2007; McClements, 1995).

Gıda endüstrisinde ultrasonikasyon uygulaması düşük enerjili uygulama (1 W/cm^2 , 100 kHz) ve yüksek enerjili uygulama ($10-1000 \text{ W/cm}^2$, 18-100 kHz) olarak ikiye ayrılmaktadır. Gıdaların fizikokimyasal özelliklerinin (sertlik, olgunluk, kompozisyon vb.) belirlenmesinde genellikle düşük enerjili ultrasonikasyon kullanılır çünkü düşük enerjili ultrasonikasyon gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerin bir değişime neden olmamaktadır. Dondurma, kurutma, donmuş gıdaları çözme, ekstraksiyon, homojenizasyon, emülsiyon oluşturma, protein denatürasyonu, kristalizasyon işlemleri ile enzim ve mikroorganizma inaktivasyonunda ise yüksek enerjili ultrasonikasyon kullanılır (Knorr ve diğ, 2004).

Ultrasonikasyon uygulamalarında ultrasonik su banyosu ve ultrasonik problar kullanılmaktadır. Ultrasonik problar, dönüştürücüden aldığı enerjiyi sabit bir noktaya gönderir, ultrasonik banyolarda ise dönüştürücüler genellikle banyo haznesinin alt kısmında bulunur (Güngören ve diğ, 2017). Ancak ultrasonikasyon uygulanmasında en basit ve ucuz olan yöntem ultrasonik su banyosudur. Ultrasonik su banyosunda ultrasonikasyon enerjisi suya verilir ve gıda ürünlerini direkt olarak daldırabilme avantajıyla enerji sudan gıdaya iletilir. Ultrasonik su banyosundaki sıvının içine iletilen ultrasonik ses dalgaları sıkışma ve gevşeme ile ardışık olarak gıdaya nüfuz eder (Başlar, 2011).

2.6 Ultrasonikasyonun Etki Mekanizması

Ultrasonik uygulamaların gıdalarda oluşturduğu etkiden sorumlu temel olgu akustik kavitasyon olarak adlandırılır. Şekil 2.3'te akustik kavitasyon olayı gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Akustik kavitasyon olayı (Başlar,2011).

Ses enerjisi sürekli dalga tipi bir hareket oluşturarak ortama girdiğinde, ortamda boylamsal dalgalar oluşmaktadır (Knorr ve diğ, 2004). Ultrasonik ses dalgasının

gevşemeye başlamasıyla negatif basınç sınırının noktasal çekme kuvvetini aşarak μm çaplarında kabarcıklar ve boşluklar oluşmasını sağlar (Başlar, 2011). Ultrasonik dalgalar sıvı içinde ilerlerken basınç bölgesel olarak zamanla değişir. Bu basınç farkı nedeniyle de gaz baloncukları genişleyip daralmaktadır (Zhang ve diğ., 2015). Bu baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak hacme ulaştıklarında yüksek basınçlı dalga oluşumu olur ve bu baloncuklar içe doğru patlar (Vercet ve ark., 2001). Bu olaya kavitasyon denir. Patlama sonucunda şok dalgasına neden olan çarpışmalar meydana gelmektedir. Bu şok dalgaları yüksek sıcaklık (yaklaşık 5000 K) ve yüksek basınç (100MPa fazla) bölgeleri oluşturmaktadır (Pingret ve diğ., 2013; Gao ve diğ., 2014; Chen ve diğ., 2015). Döngüsel üretim ve baloncukların patlaması sıvı ortamlarda kimyasal ve fiziksel değişimlere sebep olabilmektedir ki bu değişimler baloncukların çevresinde oluşan yüksek basınç ve sıcaklık kaynaklıdır (Arzeni ve diğ., 2012).

Kavitasyon olayı iki şekilde gerçekleşir. Oluştuktan sonra hızlı bir şekilde titreşen kabarcıklara kararlı kavitasyon, güçlü bir şekilde patlayanlara ise geçici kavitasyon denir (Başlar, 2011).

2.7 Meyve-Sebze Sularının İşlenmesinde Ultrasonikasyon Etkileri

Literatürde ultrasonikasyon uygulamasıyla ilgili yapılan çalışmalar olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Uygulamanın ekonomik olması, termal işlemlere kıyasla gıdaya daha az zarar vermesi, çevreye daha duyarlı bir uygulama olması gibi özelliklerinden dolayı ön plana çıkan bir teknoloji olmuştur. Endüstride de kullanımı için çalışmalar devam etmekte ve sektörde hem gıda işlemede hem de muhafazasında etkin şekilde yer alacağı düşünülmektedir (Ulusoy ve Karakaya, 2011; Yüksel, 2013; Sayın ve Tamer, 2014). Ultrason işleminin farklı meyve suları üzerindeki etkisinin değerlendirildiği literatür çalışmaları incelendiğinde çeşitli örneklerle karşılaşırız.

Bhat ve diğ. (2011), taze kalamondin (*Citrus microcarpa*) suyuna ultrasonik su banyosu kullanarak 30 ve 60 dakika boyunca ultrasonikasyon (25 kHz frekans, 20 °C) uygulamışlardır. Uygulama sonucunda güvenlik ve kalite standartlarının elde edilmesinin yanı sıra, toplam fenolik madde miktarında %27,4, antioksidan kapasite miktarında da %34,6'lık bir artış yaşanmıştır. Antioksidan ve diğer biyoaktif bileşiklerin tutulması veya arttırılmasının istendiği kasturi limon suları için uygun bir teknik olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Dubrovic ve diğ. (2011), çilek suyuna yüksek yoğunluklu ultrasonikasyon ve pastörizasyonun antosiyanin stabilitesindeki etkisini araştırmışlardır. Sıcaklık (25, 40, 55 °C), genlik (60, 90, 120 µm) ve süre (3, 6, 9 dk) parametreleri belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında ultrasonikasyon uygulamalarının %85'inden fazlasında pastörizasyona kıyasla daha yüksek antosiyanin içeriği olduğu bildirilmiştir.

Bermúdez-Aguirre ve diğ. (2012), *Saccharomyces cerevisiae*'nin ananas, üzüm ve kıvılcık suyunda darbeli ve sürekli TS ile 24 kHz frekans, 400 W güç, 120 µm genlik, 40, 50, 60 °C sıcaklık ve 10 dakika işlem koşullarında muamele etmiş ve FDA düzenlemelerinin gerektirdiği 5 log azaltımın elde edilebildiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda pH değerlerinin 40 °C TS uygulamasında artış gösterirken; 50 °C TS uygulamasında pH değerlerinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir.

Muñoz ve diğ. (2012), darbeli ışık ve termosonikasyon kombinasyonunun, elma suyundaki *E. coli*'nin inaktivasyonu için bu teknolojilerin bireysel uygulamalarından daha etkili olduğu kanıtlamışlardır. Kombine işlemler için inaktivasyon, meyve suyu işlemedeki FDA gerekliliklerini karşılayan 4,8 ila 5,9 log CFU / mL arasında değişmiştir.

Zafra-Rojas ve diğ. (2013), mor dikenli armut suyuna %40, %60 genlik, 10, 15, 25 dakika ve %80 genlik 3, 5, 8, 10, 15, 25 dakika parametrelerin ultrasonikasyon işlemi ile muamele etmiş ve işlem sonucunda kalite parametrelerini ve antioksidan özelliklerini etkilemeden mikrobiyal sayımları önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Ayrıca farklı sürelerin °briks değerleri (kontrol 12,52; US 12,05-13,33) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu belirtilmiştir.

Dinçer ve Topuz (2015), karadut suyunun ılıman sıcaklıklarda sonikasyon işlemleriyle pastörize edilebileceğini göstermiştir. Fizikokimyasal özelliklerinde ise renk ve bulanıklık değerlerinin arttığını monomerik antosiyanin içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Titre edilebilir asitlik, pH, polimerik renk yüzdesi ve antioksidan aktivitede ise önemli değişiklikler gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Abid ve diğ. (2014), taze elma suyuna kalite geliştirme tekniği olarak ultrasonik banyo (25 kHz, 30 dakika, 0,06 W/cm³) ve prob tipi ultrason (20 kHz, 5 ve 10 dakika, 0,30 W/cm³) kullanarak 20, 40, 60 °C sıcaklıkta PPO ve POD enzimleri inaktivasyona uğratılmıştır. Termosonikasyon uygulamalarında 60 °C sıcaklıkta ve 10 dakika sonucunda en yüksek enzim inaktivasyonu sırasıyla %93 ve %85 oranında olduğu

belirlenmiş ve bu uygulamanın elma suyunun enzim ve doğal mikroflora inaktivasyonu için uygun bir yöntem olduğunu bildirmiştir.

Karagöz ve Demirdöven (2016), havuç suyuna uygulanan termosonikasyon işleminin, geleneksel termal uygulamaya kıyasla daha fazla PME enzim inaktivasyonunu daha kısa sürede sağladığı, pektin ve karotenoid konsantrasyonunu arttırdığı ve renk değerlerini de koruduğunu belirlemiştir.

Demir ve Kılınç (2018), balkabağı suyunda toplam fenolik madde bakımından ısıtılmış örneklerin, toplam flavonoid madde bakımından termosonikasyon görmüş örneklerden ve toplam karotenoid madde bakımından ısıtılmış örneklerden (ve 60 °C’de termosonikasyon) daha avantajlı olduğunu bildirmişlerdir.

Nayak ve diğ. (2018), yıldız meyve suyunda pastörizasyon ve termosonikasyon uygulamalarının kaliteye etkisini araştırmışlardır. Sonuçları işlem görmemiş yıldız meyvesi suyu ile karşılaştırmışlardır. Pastörizasyon, meyve suyu numunelerinde mikroorganizmaların tamamen inaktivasyonunu göstermiştir ancak kalite parametrelerinde önemli kayıplar meydana gelmiştir. Termosonikasyon ise işlem görmemiş meyve suyu numunelerine kıyasla mikrobiyal yüklerde önemli bir azalma göstermiş, pH, toplam çözünür katı madde ve titre edilebilir asitlikte önemli değişiklik göstermemiştir. Antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid içeriği, askorbik asit içeriği, bulanıklık indeksi ve esmerleşme indeksi parametrelerinde ise artış gözlemlendiği bildirilmiştir.

Chen ve diğ. (2019), yüksek güçte ultrasonikasyon uygulamasının havuç suyunun kalitesine etkilerini incelemiştir. İşlemler 2, 4, 6, 8, 10 dakika boyunca bir buz banyosunda 20 kHz’de (0,95, 2,38, 3,80 W/mL güç) gerçekleştirilmiştir. Enzimlerin inaktivasyonunda artan güç ve zamanla birlikte ultrasonikasyonun etkisi de artmıştır. Peroksidaz aktivitesi, renk, pH, toplam çözünebilir katı madde ve partikül büyüklüğü değerleri bakımından uygulama koşulları arasında belirgin bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Genel olarak sonuçlara bakıldığında yüksek güçte ultrasonikasyon uygulaması, renkteki kahverengileşmeyi önleyerek, tat ve besin değerlerini koruyarak havuç suyunun stabilitesinin arttırabileceğini bildirmişlerdir.

Liao ve diğ. (2020), berrak kırmızı pitaya suyuna uygulanan termosonikasyon uygulaması sonucu ısıtılmış kısıyasla daha yüksek bir renk koruması sağlandığını bildirmişlerdir.

Qureshi ve diğ. (2020), ultrason muamelesine tabi tutulan mango posalarında, mango çeşidinin ve ultrasonikasyon uygulamasının pH, asitlik, toplam şeker, vitamin C içeriği gibi kimyasal özellikler üzerinde önemli etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Mango suyu veya mango posasının ultrason ile işlenmesinin fonksiyonel kaliteyi iyileştirmek için endüstride uygulanabilir bir teknoloji olduğunu bildirmişlerdir.

Benzer şekilde greyfurt suyu (Aadil ve diğ, 2013), çilek suyu (Tomadoni ve diğ, 2017), kavun suyu (Fonteles ve diğ, 2012), guava suyu (Cheng ve diğ, 2007), armut suyu (Saeeduddin ve diğ, 2015) ve ananas suyu (Costa ve diğ, 2013), gibi örnekler de mevcuttur.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırmada, Muğla ilinde hasat edilmiş sıkmalık portakallar ve Konya ilinde hasat edilmiş havuçlar Bursa'da yerel bir marketten alınmıştır. Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilen portakal ve havuçlar meyve suyu üretimine kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Zarar görmemiş sağlam portakal ve havuçlar musluk suyuyla yıkandıktan sonra katı meyve sıkacağına (Vestel/Enerjik KMS 6000, Türkiye) sıkılarak, filtreden geçirilip karışık meyve suyu elde edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme planı

Bu çalışmada portakal ve havuç suyu karışımı 60:40 oranında hazırlandıktan sonra karışıma geleneksel pastörizasyon (PST), ultrasonikasyon (US) ve termosonikasyon (TS) uygulanmış ve işlem görmüş portakal-havuç suyu karışımları oda sıcaklığı (25±0,5 °C) ve buzdolabı sıcaklığı (4±0,5 °C) koşullarında 28 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Kontrol (işlem uygulanmamış), PST, US ve TS uygulanmış örnek gruplarının 0., 14. ve 28. gün örneklerinde belirlenen kalite ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır.

Kontrol grubuna hiçbir işlem uygulanmamıştır. Geleneksel pastörizasyon grubuna su banyosunda (Termal-J11330 KD, Türkiye) 90 °C'de 1 dakika termal pastörizasyon uygulanmıştır. Ultrasonikasyon (US) grubunda, örnekler 53 kHz, 160 W, %100 genlik seviyesinde, oda sıcaklığında 30 dakika ultrasonikasyona (Kudos- SK3310 HP, Çin) tabi tutulmuştur. Termosonikasyon gruplarında ise örnekler 53 kHz, 160 W, %100 genlik seviyesinde, 30 dakika boyunca 40, 50 ve 60 °C'lerde ultrasonikasyon+sıcaklık (Kudos- SK3310 HP, Çin) kombinasyonuna tabi tutulmuştur. Denemeler 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.2 Mikrobiyolojik analizler

Araştırmada bütün örnek gruplarında toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam maya küf sayımı yapılmıştır.

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için PCA (Plate Count Agar) besiyeri, toplam maya küf sayımı için PDA (Potato Dextrose Agar) besiyeri kullanılmıştır. Literatürde belirtilen şekilde hazırlanan PDA ve PCA besiyerleri 121 °C’de 15 dakika otoklavda steril hale getirilmiştir.

Seyreltme için kullanılacak fizyolojik tuzlu su (FTS), 8,5 g NaCl tartılarak 1000 mL saf suda çözündürülerek hazırlanmıştır. Dilüsyon tüplerine 9 mL aktararak 121 °C’de 15 dakika otoklavda steril hale getirilmiştir.

Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinden 1 mL alınarak 9 mL FTS bulunan tüplere aktarılmış ve hazırlanan dilüsyon tüplerinden de 1 mL alınarak PCA besiyerine dökme yöntemiyle ekim yapılmıştır. 37±2 °C’de 48 saat inkübasyondan sonra yapılan sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir (AOAC, 2000).

Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinden 1 mL alınarak 9 mL FTS bulunan tüplere aktarılmış ve hazırlanan dilüsyon tüplerinden de 100 µL alınarak PDA besiyerine yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. 22±2 °C’de 5 gün inkübasyondan sonra yapılan sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir (AOAC, 2000).

3.2.3 Suda znr kuru madde (°Briks) tayini

Suda znr kuru madde miktarı (°Briks), dijital bir refraktometre (Kyoto KEM / RA-600, Japonya) kullanılarak standart sıcaklıkta (20 °C) llmştr (Cemeroğlu, 2010).

3.2.4 pH değeri tayini

Örneklerin pH değerleri, cam elektrodlu dijital pH-metrenin (Ohaus Starter 3100 model, ABD) kalibrasyonu yapıldıktan sonra örneğe doğrudan pH-metre probu daldırılarak 20 °C’de ölçülmüştür.

3.2.5 Toplam asitlik tayini

Portakal-havuç suyu karışımı örneğinden 5 mL alınarak saf su ile 1:10 oranında seyreltilip bir erlene aktarılmıştır. zerine %1’lik 0,25-0,5 mL fenolftaleyn indikatör zeltisi (Sigma, Almanya) ilave edilerek ve 0,1 N NaOH (Isolab, Almanya) zeltisi

ile 30 s kalıcı açık pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).
Sonuçlar sitrik asit cinsinden % asitlik olarak hesaplanmıştır (3.1).

$$\% \text{Toplam Asitlik} = (S \times \text{meq} \times 100) / \ddot{O} \quad (3.1)$$

S= Titrasyonda kullanılan 0,1 N NaOH çözeltisi (mL)

N= Titrasyonda kullanılan NaOH normalitesi

F= Titrasyonda kullanılan NaOH faktörü

Ö= Örnek miktarı

meq= Organik asidin milliequivalent ağırlığı (sitrik asit cinsinden: 0,064)

3.2.6 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite için ekstraksiyon işlemi

Portakal-havuç suyu karışımı örneğinden 0,5 mL alınarak 15 mL'lik falkon tüplere koyulmuştur. Üzerine 0,5 mL %80'lik metanol ilave edilmiştir. 200 rpm'de 15 dakika süreyle orbital çalkalayıcıda (Mipro / MLS3535, Türkiye) karıştırılan tüp içeriği, 0,45 µm PTFE membran filtreden geçirilmiştir.

3.2.6.1 Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi Folin-Coicalteau yöntemi ile spektrofotometrik olarak yapılmıştır. 15 mL'lik falkon tüplere alınan 0,2 mL ekstrakt üzerine 1,5 mL 1:10 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiştir. Tüp içeriği vortekslelendikten (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya) sonra 5 dakika bekletilmiş ve süre sonunda ilk tüpten başlayarak 1,5 mL %7'lik Na₂CO₃ çözeltisi ilave edilmiştir. Elde edilen karışım tekrar vortekslenip 90 dakika karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonu takiben maviye dönen örneklerin absorbans değeri 765 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) okunmuştur. Portakal-havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde miktarı hazırlanan gallik asit (GA) (5-50 mg/L) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak değerlendirilmiş ve mg GAE/L cinsinden hesaplanmıştır ($y = 0,00088x + 0,003$, $R^2 = 0,97832$) (İzli, 2017).

3.2.6.2 Antioksidan kapasite tayini

Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin antioksidan kapasite değerlerini belirlemek için DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) serbest radikal temizleme aktivitesi yöntemi kullanılmıştır. Koyu mor renkli bir radikal olan DPPH radikali ortamdaki antioksidan varlığında bir proton alarak renksiz bir bileşik olan DPPH indirgenmiş molekülüne dönüşmektedir.

15 mL'lik falkon tüplere alınan 0,1 mL ekstrakt üzerine etanol ile hazırlanmış 3,9 mL, 0,1 mM DPPH (Aldrich, Almanya) çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler vorteksenerek (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya), 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda karışımın absorbans değeri 515 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) okunmuştur. Şahit örnek için ekstrakt yerine %80 metanol kullanılarak aynı sistem uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlardan antioksidan kapasite değerleri, hazırlanan troloks kurvesi (0,1-1,0 mM) yardımıyla µmol Troloks/mL olarak hesaplanmıştır ($y = 81,75 x - 12,627$, $R^2 = 0,9886$).

3.2.7 Toplam karotenoid içerik tayini

Toplam karotenoid içerik tayini Lee ve diğ. (2001) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek spektrofotometrik yöntem ile ölçülmüştür.

15 mL'lik falkon tüplere alınan 3 mL örnek üzerine 6 mL ekstraksiyon çözeltisi (hekzan: aseton: metanol, 50:25:25, v/v + 0,1 g askorbik asit) ilave edilerek tüpler vorteksenmiştir. Daha sonra örnekler orbital çalkalayıcıda (Mipro / MLS3535 model, Türkiye) 30 dakika 200 rpm'de karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Karıştırma sonunda örnekler 9000 rpm'de 4 °C'de 10 dakika santrifüj (Hettich / Universal 320 R, Almanya) işlemi uygulanmıştır. Santrifüj sonunda üst berrak faz hızlıca pastör pipetiyle alınarak 450 nm dalga boyunda hekzan ile kalibre edilmiş spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) absorbans değerleri kaydedilmiştir.

Hesaplama ise De Ritter ve Purcell'e göre β-karoten ekstinksiyon katsayısı olan $\epsilon = 2505$ kullanılarak yapılmıştır (De Ritter ve Purcell, 1981).

$$A.10000 = \epsilon \times b \times c \quad (3.2)$$

A= Absorbans

ϵ = 2505 (β -karoten)

b= 1

c= mg/L

Sonuçlar beta karoten cinsinden mg/L olarak verilmiştir.

3.2.8 Askorbik asit tayini

Örneklerin askorbik asit tayini için 2,6-diklorofenolindofenol titrasyon yöntemi kullanılmıştır. 5 mL portakal-havuç suyu karışımı %3'lük metafosforik asit çözeltisiyle belli oranda seyreltilerek, homojen biçimde karıştırılmış ve filtre kağıdından süzülmüştür. Elde edilen filtrat, 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisiyle pembe renk oluşuncaya ve bu renk 15 saniye süreyle sabit kaldığı noktaya kadar titre edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan askorbik asit miktarı (mg/100 mL), aşağıdaki eşitlik (3.3) ile hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\text{Askorbik asit miktarı (mg/100 mL)} = [V \times F \times 100] / M \quad (3.3)$$

Titrasyonda harcanan 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi (mL)

F: 1 mL 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisine eşdeğer askorbik asit miktarı (mg)

M: Titrasyon için alınan filtrattaki orijinal örnek miktarı (mL)

3.2.9 Hidroksimetil furfural (HMF) tayini

Hidroksimetilfurfural (HMF), meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunmayan ısı ve asit etkisiyle monosakkaritlerden oluşan bir bileşiktir. Portakal-havuç suyu karışımlarında HMF tayini, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (Agilent-Infinity 1260) kullanılarak yapılmıştır. HPLC cihazının özellikleri ve gradient koşulları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Portakal-havuç suyu örneklerinden 10 mL alınarak üzerlerine Carrez I ve Carrez II çözeltileri ilave edilmiş ve vortekslenmiştir (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya). 10 dakika bekledikten sonra 9000 rpm'de 10 dakika 4 °C'de santrifüj (Hettich / Universal

320 R, Almanya) işlemi uygulanmış ve 0,45 µm PTPE membran filtreden geçirilerek örneklerin ekstraksiyonu sağlanmıştır. Ekstraktlar viallere alınarak HPLC (Agilent-Infinity 1260) de ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar; standart çözeltilerle (0,1-10 mg/L) hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ($y=102,44 x - 11,584$, $R^2=0,9961$) ve mg/L cinsinden verilmiştir.

Çizelge 3.1 : HPLC cihazının özellikleri ve gradient koşulları.

Cihaz	HPLC (Agilent/Infinity 1260)
Yazılım	Lab Advisor Software
Dedektör	Diod dizi dedektör (DAD)
Kolon	C18 (150 mm x 4,6 mm, 5 µm)
Kolon sıcaklığı	30 °C
Hareketli faz A	% 1 asetik asit sulu çözeltisi (%90)
Hareketli faz B	Metanol (%10)
Akış Hızı	0,8 mL/dk
Enjeksiyon hacmi	10 µL
Dalga boyu	280 nm
Alıkonma zamanı	5,8. dakika

3.2.10 Esmerleşme indeksi

Örneklerden 5 mL alınarak 15 mL'lik falcon tüplere aktarılmıştır. Örneğin üzerine 5 mL etil alkol ilave edilerek, tüp içeriği 9000 rpm'de 10 dakika oda sıcaklığında (24 °C) santrifüj (Hettich / Universal 320 R, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonunda üst berrak faz hızlıca alınarak, 420 nm dalga boyunda saf su ile kalibre edilmiş UV/VIS spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) absorbansı ölçülmüştür (Caminiti ve diğ, 2012 a).

3.2.11 Renk tayini

Çalışmada üç boyutlu renk ölçümü esasına dayanan kolorimetre Konica Minolta (CR-400, Japonya) kullanılmıştır. Renk analizi, CIE (International Commission on Illumination) renk ölçüm sistemine göre yapılmıştır. Örnekler ölçüm kaplarına yerleştirilerek L^* , a^* , b^* değerleri cinsinden analiz edilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak kroma (C^*), hue açısı (α°) ve ΔE değerleri hesaplanmıştır.

L^* eksenini, parlaklığın değişimini ($L=0$ siyah; $L=100$ beyaz), a^* eksenini yeşilden kırmızıya doğru değişen skalayı ($-a^*$ =yeşil, $+a^*$ =kırmızı), b^* eksenini ise sarıdan maviye olan değişimi ($-b^*$ =mavi; $+b^*$ =sarı) göstermektedir. Ölçülen L^* , a^* ve b^* değerleri

doğrudan alıcı ve satıcı tarafından algılanabilen renk olguları olmadığı için bu değerlerden insanların renk algısına hitap eden kroma (C^*) ve hue açısı (α°) değerleri ile taze ürünlerin uygulanan işlemler sonrası depolama süresince toplam renk değişimi eğilimi hakkında bilgi veren ΔE değeri de hesaplanmıştır. C , α° ve ΔE değerlerinin hesaplanmasında kullanılacak eşitlikler aşağıda belirtilmiştir (İzli, 2017). Eşitlikte kullanılan L_0^* , a_0^* ve b_0^* değerleri uygulanan işlemler sonrası elde edilen portakal-havuç suyu karışımının 0. günlerine ait renk değerleridir.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.4)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3.5)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3.6)$$

3.2.12 Duyusal analiz

Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin duyusal analizi Bursa Teknik Üniversitesi'nde uzman ve uzman olmayan 15 kişilik panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Örnekler üç dijital rakam ile kodlanmış ve örnekler arasındaki etkileşimi önlemek için örnek aralarında panelistlere su/grissini sunulmuştur. Panelistlere örnekleri nasıl değerlendirecekleri konusunda bilgi verilerek; renk, görünüş, koku, lezzet ve genel beğeni açısından; 1-5 hedonik skalasını (1-Kötü, 2-Yeterli değil, 3-Kabul edilebilir, 4-İyi ve 5-Çok iyi) kullanarak duyusal değerlendirme yapmaları istenmiştir.

3.2.13 İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde JMP Statistical Discovery Software 7.0 paket programı (SAS Institute Inc., Cary, ABD) kullanılarak varyans analizi, $\alpha=0,95$ güven aralığında Asgari Önemli Farklılık (LSD) çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; portakal ve havuç suyu karışımı 60:40 oranında hazırlanmıştır. Portakal-havuç suyu karışımları PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C işlemleri ile muamele edilmiştir. Taze sıkılmış ve hiçbir işleme tabi tutulmamış örnekler kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. İşlemler sonrası portakal-havuç suyu karışımları oda sıcaklığı (25±0,5 °C) ve buzdolabı (4±0,5 °C) şartlarında 28 gün süreyle muhafaza edilmiştir.

4.1 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları ve Tartışma

Portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası buzdolabı (4±0,5 °C) ve oda sıcaklığı (25±0,5 °C) şartlarında, 0, 14 ve 28 gün depolama süresince mikrokroorganizma yükünde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Kontrol örneğinin başlangıç (0. gün) toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $1,75 \times 10^5$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $2,5 \times 10^3$ kob/mL olarak saptanmıştır. US örneğinde başlangıç toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $1,5 \times 10^3$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $3,0 \times 10^2$ kob/mL olarak saptanmıştır. US+40 °C örneğinde ise başlangıç toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $2,1 \times 10$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $1,5 \times 10$ kob/mL olarak saptanmıştır. PST, US+50 °C ve US+60 °C işlemleri sonrası ise örneklerde tam bir inaktivasyon gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Uygulanan işlemler sonrasında sonuçlar 0. gün kontrol örneği ile kıyaslandığında toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf sayısında önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. Buzdolabı (4±0,5 °C) sıcaklığında depolanan kontrol grubu örneğinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 14. günde $2,5 \times 10^6$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $1,0 \times 10^5$ kob/mL, 28. günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $1,0 \times 10^{10}$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $2,8 \times 10^7$ kob/mL olarak bulunmuştur. Oda sıcaklığında (25±0,5 °C) depolanan kontrol örneği grubunun toplam mezofilik bakteri sayısı 14. günde $5,5 \times 10^7$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $5,0 \times 10^6$ kob/mL, 28.

günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $2,5 \times 10^{11}$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $2,5 \times 10^9$ kob/mL bulunmuştur.

Çizelge 4.1 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında mikrobiyolojik analiz sonuçları.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Toplam aerob mezofil canlı bakteri sayısı (kob/mL)		Toplam maya-küf sayısı (kob/mL)	
		Depolama sıcaklıkları		Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C	4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	$1,75 \times 10^5$	$1,75 \times 10^5$	$2,5 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
	PST	-	-	-	-
	US	$1,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
	US+40 °C	$2,1 \times 10$	$2,1 \times 10$	$1,5 \times 10$	$1,5 \times 10$
	US+50 °C	-	-	-	-
	US+60 °C	-	-	-	-
14. gün	Kontrol	$2,5 \times 10^6$	$5,5 \times 10^7$	$1,0 \times 10^5$	$5,0 \times 10^6$
	PST	-	-	-	-
	US	$1,5 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	$2,0 \times 10^3$	$1,9 \times 10^4$
	US+40 °C	$1,5 \times 10^3$	$5,8 \times 10^4$	$2,2 \times 10^2$	$2,3 \times 10^3$
	US+50 °C	-	-	-	-
	US+60 °C	-	-	-	-
28. gün	Kontrol	$1,0 \times 10^{10}$	$2,5 \times 10^{11}$	$2,8 \times 10^7$	$2,5 \times 10^9$
	PST	-	-	-	-
	US	$3,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^7$	$5,5 \times 10^5$	$1,3 \times 10^6$
	US+40 °C	$1,0 \times 10^5$	$5,0 \times 10^6$	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^6$
	US+50 °C	-	-	-	-
	US+60 °C	-	-	-	-

Buzdolabı ($4 \pm 0,5$ °C) sıcaklığında depolanan US işlem grubu örneğinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 14. günde $1,5 \times 10^4$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $2,0 \times 10^3$ kob/mL, 28. günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $3,0 \times 10^6$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $5,5 \times 10^5$ kob/mL olarak bulunmuştur. Oda sıcaklığında ($25 \pm 0,5$ °C) depolanan US işlem grubu örneğinin toplam mezofilik bakteri sayısı 14. günde $4,3 \times 10^4$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $1,9 \times 10^4$ kob/mL, 28. günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $1,0 \times 10^7$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $1,3 \times 10^6$ kob/mL olarak hesaplanmıştır. Buzdolabı ($4 \pm 0,5$ °C) sıcaklığında depolanan US+40 °C işlem grubu örneğinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 14. günde $1,5 \times 10^3$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $2,2 \times 10^2$ kob/mL, 28. günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $1,0 \times 10^5$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $1,5 \times 10^4$ kob/mL olarak belirlenmiştir. Oda sıcaklığında ($25 \pm 0,5$ °C) depolanan US+40 °C işlem grubu örneğinin toplam mezofilik bakteri sayısı 14. Günde $5,8 \times 10^4$ kob/mL ve toplam maya küf sayısı $2,3 \times 10^3$ kob/mL, 28. günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $5,0 \times$

10^6 kob/mL ve toplam maya küf sayısı $1,5 \times 10^6$ kob/mL bulunmuştur. Depolama süresince depolama sıcaklığı ($4 \pm 0,5$ °C veya $25 \pm 0,5$ °C) farketmeksizin mikrobiyal inaktivasyon tamamen sağlanmış ve PST, US+50 °C ve US+60 °C örnek gruplarında bakteri ve maya-küf gelişimi saptanmamıştır.

Literatürde meyve sularının raf ömrünün belirlenmesinde 6 log kob/mL'lik mikrobiyal yük limiti belirtilmektedir (Mirrazavi, 2011). Türk Gıda Kodeksi'ne göre ise meyve suları ve nektarlarda fungal yük için mikrobiyal limit 3 log kob/mL olarak belirtilmiştir (Pala ve Toklucu, 2013). Yaptığımız çalışmada portakal-havuç suyu örneklerinin, oda sıcaklığı ($25 \pm 0,5$ °C) ve buzdolabı ($4 \pm 0,5$ °C) şartlarında US (14. ve 28. gün örnekleri) ve US+40 °C (14. ve 28. gün örnekleri) örnekleri hariç işlem görmüş diğer örneklerin 28 günlük depolama süreci sonunda mikrobiyolojik olarak tüketilebilir olduğu ve raf ömrünün devam ettiği gözlemlenmiştir. Kontrol grubu örneği için ise 14. gün itibari ile sonuçlarda görüldüğü gibi mikrobiyal yük kabul edilebilir seviyede değildir. Bu yüzden portakal-havuç suyu örneklerinde gerçekleştirilen fizikokimyasal analizler; kontrol, US ve US+40 °C örneklerinde sadece 0. günde gerçekleştirilmiştir.

Geçmiş yıllarda, turunçgiller ve ürünleri gibi asidik gıdaların düşük pH seviyelerine sahip olmalarının mikrororganizma veya patojen gelişimine engel olacağı düşüncesiyle doğrudan tüketiminin güvenli olduğu varsayılan bir görüştü. Yapılan çalışmalar patojenlerin daha düşük veya asidik pH seviyelerinde bile uzun süre canlı kalabildiklerini göstermiştir (Wang ve diğ, 2010). Nitekim bizim çalışmamızda da kontrol örneğinde toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya-küf varlığı gözlemlenmiştir. Uygulanan sonikasyon işlemleri sonucunda ise mikrobiyal yükte net bir azalma görülmüştür.

Pastörizasyon ile mikrobiyal gelişimin tamamen inaktive edilmesi, hücre zarının yapısının bozulması ile nükleik asitlerin ve proteinlerin hasar görmesine bağlı olarak sitolitik reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir (Rivas ve diğ, 2006). Mikrobiyal popülasyonun US+Sıcaklık (Termosonikasyon) uygulaması ile tamamen inaktivasyonu, fiziksel (kavitasyon, mekanik etkiler) veya kimyasal (serbest radikallerin oluşumu) olaylardan kaynaklanmaktadır (Chemat ve diğ, 2004; Petrier ve diğ, 2007). US işlemi kavitasyonlar ve hücre zarındaki değişiklikler nedeniyle; ısıya, yüksek ozmotik basınca ve düşük pH değerine karşı mikrobiyal duyarlılığı arttırmaktadır (Wordon ve diğ, 2012; Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2012). Daha yüksek sıcaklıklarla kombine edilmiş sonikasyon işlemine tabi tutulan numunelerin

mikrobiyal yükünde daha fazla azalma sağlandığı ve sonikasyon ile ısı arasında bir sinerjizmin var olduğu bildirilmiştir (Lee ve diğ, 2009; Wordon ve diğ, 2012). Çoğu mikroorganizmanın 50 °C'nin üzerindeki US karşı daha fazla hassasiyet göstermektedir (Lee ve diğ, 2003; Villamiel ve de Jong, 2000). Kiang ve diğ. (2013) tarafından mango suyuna uygulanan termosonikasyon işleminde 60 °C'de mikrobiyal hücrelerin en yüksek inaktivasyonu rapor edilmiştir.

Guerrouj ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, taze sıkılmış portakal suyuna 24 kHz frekans ve 105µm genlikte, 43-45 °C sıcaklıkları arasında, 1, 10, 20 ve 30 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanmıştır. Örnekler 5 °C'de 28 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Kontrol ve US (1, 10, 20, 30 dakika) uygulanmış numunelerin mikrobiyal gelişiminde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. 10 günlük muhafaza süresinde, kontrol grubunu 2,5 log kob/mL toplam mezofilik bakteri sayısına ve 10 dakika sonikasyon uygulanan numunelerin ise yalnızca 1,6 log kob/mL toplam mezofilik bakteri sayısına ulaştığı belirlenmiştir. 15 ve 28 gün sonra yapılan duyu analize uygulanan örnekler kötü koku nedeniyle reddedilmiştir ve o günlerde mikrofloranın ~3 log kob/mL'ye ulaşmış olmasının duyu bozulma ile mikrobiyal yükteki artışın ilişkili olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda US uygulama süresi arttıkça mikroorganizmaların da önemli oranda inaktive edildiği ancak US işleminin tek başına %100 bir inaktivasyon için yeterli olmayacağı bildirilmiştir.

Abid ve diğ. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada elma sularına ultrasonik prob kullanılarak 5 ve 10 dakika, ultrasonik banyo kullanılarak 30 dakika süreyle US işlemi uygulanmıştır. 60 °C'de hem ultrasonik prob hem de ultrasonik banyoda uygulanan US sonucunda mikrobiyal inaktivasyonun %100 olduğu bildirilmiştir. Jabbar ve diğ. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada havuç sularına 20 kHz frekans ve %70 genliğe sahip US işlemi 20,40 ve 60 °C sıcaklıklarda, 5 ve 10 dakika süreyle uygulanmıştır. 60 °C'de 5 ve 10 dakika sonikasyon uygulanan örneklerde, ısı işlemi (80 °C 1 dakika) uygulanmış örneklerde olduğu gibi mikroorganizma ve enzim inaktivasyonun tamamen sağlandığı görülmüştür. Adiamo ve diğ. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada termosonikasyon (60 °C) ve pastörizasyon (75 °C, 2 dakika) uygulanmış, 4 °C muhafaza edilen havuç sularında 21 gün muhafaza sonunda mikrobiyal gelişim gözlenmediği bildirilmiştir.

4.2 Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks) Analiz Sonuçları ve Tartışma

Portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası ve depolama süresince °briks değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında suda çözünür kuru madde (°Briks) değerleri.

Depolama Süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	11,00 ± 0,00 ^a	11,00 ± 0,00 ^a
	PST	10,01 ± 0,00 ^{cB}	10,01 ± 0,00 ^{cA}
	US	10,04 ± 0,00 ^c	10,04 ± 0,00 ^c
	US+40 °C	10,08 ± 0,00 ^c	10,08 ± 0,00 ^c
	US+50 °C	10,55 ± 0,05 ^{bA}	10,55 ± 0,05 ^{bA}
	US+60 °C	10,06 ± 0,00 ^{cB}	10,06 ± 0,00 ^{cA}
	14. gün	Kontrol	-
PST		10,02 ± 0,00 ^{bAa}	9,40 ± 0,00 ^{cBb}
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		10,60 ± 0,00 ^{aAa}	9,50 ± 0,00 ^{bBb}
US+60 °C		10,55 ± 0,05 ^{aAa}	10,00 ± 0,00 ^{aBb}
28. gün		Kontrol	-
	PST	10,00 ± 0,00 ^{bCa}	7,40 ± 0,00 ^{cCb}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	10,05 ± 0,05 ^{bBa}	8,25 ± 0,05 ^{bCb}
	US+60 °C	10,60 ± 0,00 ^{aAa}	8,50 ± 0,00 ^{aCb}

a-c: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Taze sıkılmış portakal-havuç suyunun (kontrol) °briks değeri $11,00\pm 0,00$ olarak belirlenmiştir. 0.gün °briks değerleri incelendiğinde, PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C uygulamaları için sırasıyla $10,01\pm 0,00$, $10,04\pm 0,00$, $10,08\pm 0,00$, $10,55\pm 0,05$ ve $10,06\pm 0,00$ olarak bulunmuştur. Kontrol grubuna kıyasla işlem uygulanmış bütün örnek gruplarında °briks değerlerinde istatistiksel olarak önemli azalma belirlenmiştir ($p<0,05$). PST, US, US+40 °C ve US+60 °C uygulamaları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$). Literatürde yapılan benzer çalışmalarda Guerrouj ve diğ. (2016) taze sıkılmış portakal suyuna (24 kHz, 105µm genlikte, 43-45 °C, 1, 10, 20 ve 30), Aadil ve diğ. (2013) greyfurt suyuna (28 kHz, %70 güç, 20 °C, 30, 60, 90 dakika), Jabbar ve diğ. (2015) havuç suyuna (20 kHz, %70 genlik, 20 °C, 40 °C, 60 °C, 5 ve 10 dakika) uyguladıkları ultrasonikasyon

sonucunda °briks değerlerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmediğini bildirmişlerdir.

Deli ve diğ. (2022) tarafından yapılan çalışmada kaju elma suyunun TS uygulaması (24 kHz, 85 W güç, 15 dakika) sonrasında depolandığı süreçte 10. günden 30. güne kadar °briks artışı gözlemlenmiş ve bu artışın termosonik kavitasyonun hücre zarını parçalaması sonucunda hücre içindeki suda çözünür kuru maddelerin hücrenin dışına akışı ile açıklanmıştır. Cruz Cassino ve diğ. (2013) yeşil hint inciri suyuna (sabit frekans, %40, %60 ve %80 genlik, 10,15 ve 25 dakika) ultrasonikasyon uygulaması sonucunda 15 dakika üzerinde işlem gören örneklerde kontrol örneğine kıyasla °briks değerinin arttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2 incelendiğinde depolama süresi açısından karşılaştırma yapıldığında °briks değerlerinde önemli ($p < 0,05$) azalmalar olmuştur. 4 °C' 14. günde PST ve US+50 °C değerleri sırasıyla $10,20 \pm 0,00$, $10,60 \pm 0,00$ iken 28. günde $10,00 \pm 0,00$, $10,05 \pm 0,05$ 'e düşmüştür. US+60 °C'deki değişiklik ise istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bulunmamıştır. 25 °C'de 0. gün örneklerine kıyasla 14. günde PAS, US+50 °C ve US+60 °C değerleri sırasıyla $9,40 \pm 0,00$, $9,50 \pm 0,00$ ve $10,00 \pm 0,00$ olarak tespit edilirken, 28. günde ise $7,40 \pm 0,00$, $8,25 \pm 0,05$ ve $8,50 \pm 0,00$ olarak belirlenmiştir ve bu azalmalar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). 4 °C 14. günde PST ($10,20 \pm 0,00$), US+50 °C ($10,60 \pm 0,00$), US+60 °C ($10,55 \pm 0,05$) örnekleri depolama sıcaklığına bağlı olarak kıyaslandığında 25 °C'de depolanan PST ($9,40 \pm 0,00$), US+50 °C ($9,50 \pm 0,00$) ve US+60 °C ($10,00 \pm 0,00$) örneklerinde azalmalarda önemli ($p < 0,05$) fark olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde 28. gün örneklerinde de depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yapıldığında 4 °C'de depolanan PST ($10,00 \pm 0,00$), US+50 °C ($10,05 \pm 0,05$) ve US+60 °C ($10,60 \pm 0,00$) örnekler ile 28. gün 25 °C'de depolanan PST ($7,40 \pm 0,00$), US+50 °C ($8,25 \pm 0,05$), US+60 °C ($8,50 \pm 0,00$) örnekleri °briks değerleri arasında önemli ($p < 0,05$) fark belirlenmiştir. Depolama süresince ve depolama sıcaklığına bağlı olarak görülen °briks değerindeki bu azalmalar mikrobiyal faaliyet sonucu şekerlerin fermantasyonu ya da şekerlerin depolama sürecinde yapacağı kimyasal bağlar ile serbest formunu kaybetmesi ile açıklanabilir (Zafra ve diğ, 2013).

4.3 pH Tayin Sonuçları ve Tartışma

Depolama süresince portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin pH değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Taze sıkılmış portakal-

havuç suyunun pH değeri $3,83 \pm 0,00$ olarak tespit edilmiştir. PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C uygulamaları sonrası pH değerleri sırasıyla $3,86 \pm 0,00$, $3,79 \pm 0,00$, $3,85 \pm 0,01$, $3,88 \pm 0,01$ ve $3,85 \pm 0,01$ olarak tespit edilmiştir. Kontrol örneğinin (0. gün) pH değerine kıyasla PST, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C uygulamalarının pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artış ultrason ve ısı uygulama sonucu bazik karakterli bileşiklerin oluşması ile açıklanabilir (Demirtaş, 2018).

Çizelge 4.3 : Farklı uygulamalarla işlenen elma-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında pH değerleri.

Depolama Süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	$3,83 \pm 0,00^c$	$3,83 \pm 0,00^c$
	PST	$3,86 \pm 0,00^{ab}$	$3,86 \pm 0,00^{ab}$
	US	$3,79 \pm 0,00^d$	$3,79 \pm 0,00^d$
	US+40 °C	$3,85 \pm 0,01^{bc}$	$3,85 \pm 0,01^{bc}$
	US+50 °C	$3,88 \pm 0,01^{aA}$	$3,88 \pm 0,01^{aA}$
	US+60 °C	$3,85 \pm 0,01^{bcB}$	$3,85 \pm 0,01^{bcB}$
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	$3,82 \pm 0,02^b$	$3,84 \pm 0,01^b$
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	$3,86 \pm 0,00^{abAB}$	$3,87 \pm 0,01^{bAB}$
	US+60 °C	$3,91 \pm 0,01^{aA}$	$3,94 \pm 0,02^{aA}$
28. gün	Kontrol	-	-
	PST	$3,84 \pm 0,00^{ab}$	$3,87 \pm 0,01^{aA}$
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	$3,84 \pm 0,00^{aB}$	$3,85 \pm 0,01^{bB}$
	US+60 °C	$3,83 \pm 0,00^{bBb}$	$3,84 \pm 0,00^{bBa}$

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-B: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Çalışmamızda 0. gün örneklerine kıyasla 4 °C 14. gün ve 28. gün depolama sonrası US+50 °C örneği pH değeri istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) azalma göstererek sırasıyla $3,86 \pm 0,00$ ve $3,84 \pm 0,00$ olarak belirlenmiştir. 25 °C'de depolanan US+50 °C örnekleri de 14 ve 28. günlerde sırasıyla $3,87 \pm 0,01$ ve $3,85 \pm 0,01$ olarak tespit edilmiş ve bu azalma da istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. PST örneklerinde ise depolama süresi açısından önemli bir değişim olmamıştır. Depolama sıcaklığı açısından baktığımızda 28. günde, 4 °C örneklerinden PST ($3,84 \pm 0,00$) ve US+60 °C

(3,83±0,00) örneklerinin pH değerlerinin 25 °C'deki PST (3,87±0,01) ve US+60 °C (3,84±0,00) örneklerinde artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Tiwari ve diğ. (2009) portakal suyuna uyguladıkları US (20 kHz, %40-100 genlik) sonucunda, örneklerin 10 °C'de 30 gün depolanması ile pH değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Bu artışın depolama süresi içerisinde meydana gelen bozulma veya fermantasyona bağlı olabileceği rapor edilmiştir. Adekunte ve diğ. (2010) domates suyuna 20 kHz sabit frekansta, farklı genlik seviyelerinde (24,4-61,0 µm), 2-10 dakika sürelerde US işlemi uygulamışlardır. Uygulama sonucunda işlem süresi veya genliğin pH değerlerinde önemli bir etki yapmadığını bildirilmiştir. Bhat ve diğ. (2011) taze kalamondin (*Citrus microcarpa*) suyuna, 25 kHz frekans ve 20 °C sıcaklıkta US uygulamış; 30 ve 60 dakikalık US işlemi sonunda pH değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Santhirasegaram ve diğ. (2013) mango suyuna ısıtma işlemi ve US (130 W güç, 40 kHz, 25 °C, 15,30 ve 60 dakika) uygulayarak işlemleri kıyaslamışlardır. US uygulaması sonucunda pH değerlerinde önemli bir değişiklik meydana gelmediğini bildirmişlerdir.

Guerrouj ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, taze sıkılmış portakal suyuna 24 kHz frekans ve 105 µm genlikte, 43-45 °C sıcaklıkları arasında, 1, 10, 20 ve 30 dakika süreyle US uygulanmıştır. Portakal suyuna uygulanan 1 dakikalık sonikasyon işleminden sonra pH'da önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. 10, 20 ve 30 dakikalık işlemlerde kendi aralarında önemli bir farklılık olmasa da yine işlenmemiş portakal suyuna kıyasla önemli oranda pH değerinde düşme bildirilmiştir. Martinez-Flores ve diğ. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise havuç suyuna uygulanan TS işlemi (24 kHz frekans, 120 µm genlik, 50 °C, 54 °C ve 58 °C, 10 dakika) sonucunda örnekler 4 °C'de depolanmış ve örneklerin pH değerlerinin 4. günden itibaren istatistiksel olarak önemli (p<0,05) düşüş gösterdiği rapor edilmiştir.

4.4 Toplam Asitlik Tayin Sonuçları ve Tartışma

Portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası buzdolabı (4±0,5 °C) ve oda sıcaklığı (25±0,5 °C) şartlarında, 0, 14 ve 28 gün depolama süresince toplam asitlik değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. 0. gün analizleri incelendiğinde kontrol, PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin toplam asitlik değerleri sırasıyla 0,61±0,03, 0,67±0,03, 0,64±0,06, 0,61±0,03, 0,61±0,03 ve 0,61±0,03 olarak belirlenmiştir. PST ve US örneklerinde artış

gözlemlenmiş ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde ise bir değişiklik olmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.4 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam asitlik (g/100 mL) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	0,61 ± 0,03	0,61 ± 0,03
	PST	0,67 ± 0,03	0,67 ± 0,03
	US	0,64 ± 0,06	0,64 ± 0,06
	US+40 °C	0,61 ± 0,03	0,61 ± 0,03
	US+50 °C	0,61 ± 0,03	0,61 ± 0,03
	US+60 °C	0,61 ± 0,03	0,61 ± 0,03
	14. gün	Kontrol	-
PST		0,67 ± 0,03	0,67 ± 0,03
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		0,67 ± 0,03	0,67 ± 0,03
US+60 °C		0,64 ± 0,00	0,64 ± 0,00
28. gün		Kontrol	-
	PST	0,61 ± 0,03	0,62 ± 0,02
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	0,67 ± 0,03	0,70 ± 0,00
	US+60 °C	0,64 ± 0,00	0,67 ± 0,03

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi 14. gün US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin 4 °C'deki toplam asitlik değerleri sırasıyla 0,67±0,03 ve 0,64±0,00 olarak belirlenmiş ve 28. günde de bu değerler korunmuştur. Yaptığımız çalışmada 4 °C'deki PST örnekleri için 14. gün (0,67±0,03) ve 28. gün (0,61±0,03) depolama süresince toplam asitliğinde düşüş gözlemlenmiş ancak bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). 25 °C'deki 14. gün ve 28. gün US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin toplam asitlik değerlerinde sırasıyla 0,67±0,03 ve 0,64±0,00'ten 0,70±0,00 ve 0,67±0,03'ye artış gözlemlenmiş, PST örneğinde ise 0,67±0,03'ten 0,62±0,02'ye bir düşüş belirlenmiştir ($p>0,05$). Depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yaptığımızda 14. gün örnekleri toplam asitlik değerlerini korurken 28. gün 25 °C'de depolanan PST (0,62±0,02), US+50 °C (0,70±0,00) ve US+60 °C (0,67±0,03) örneklerinin toplam asitlik değerleri 4 °C'de depolanan PST (0,61±0,03), US+50 °C (0,67±0,03) ve US+60 °C (0,64±0,00)'ye göre artış göstermiştir ($p>0,05$).

Jabbar ve diğ. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada havuç sularına 20 kHz frekans ve %70 genliğe sahip US işlemi 20, 40 ve 60 °C sıcaklıklarda, 5 ve 10 dakika süreyle

uygulanmıştır ve işlemler sonrası örneklerin toplam asitlik değerlerinde fark olmadığı bildirilmiştir. Nayak ve diğ. (2018) yıldız meyvesi suyuna ısıtma işlemi (90 °C, 60 saniye) ve termosonikasyon (44 kHz sabit frekans, 600 W, 25-45 °C, 15, 30, 45 ve 60 dakika) uygulamışlar ve örnekleri 4 °C’de muhafaza etmişlerdir. Toplam asitlik değerlerinde işleme yönteminden bağımsız olarak işlenmiş ve işlenmemiş örnekler arasında önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Ordóñez-Santos ve diğ. (2017) altın çilek suyuna US (42 kHz, 240 W) ve ısıtma işlemi uygulayarak taze ve işlenmiş örneklerin toplam asitlik değerlerini karşılaştırmışlar. Fizikokimyasal özelliklerle ilgili yapıların değişmemesi sebebinin uygulanan enerji düzeylerinin yeterli olmamasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Tomadoni ve diğ. (2017) yaptığı çalışmada çilek suyuna US (40 kHz, 10 ve 30 dakika) ve ısıtma işlemi (90 °C, 60 saniye) uygulanmıştır. US, ısıtma işlemi uygulanmış ve işlenmemiş örnekler arasında 10 günlük depolanma sürecinde çilek suyunun toplam asitliğinde herhangi bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir. Yaptığımız çalışma sonuçları ile çalışmaların benzer olduğu görülmüştür.

Martínez-Flores ve diğ. (2015) havuç suyuna TS (24 kHz, 120 µm, 50-54-58 °C, 10 dakika) uygulaması sonrası örnekleri 4 °C’de 20 gün depolamışlar ve toplam asitliğinde önemli düzeyde artış olduğunu bildirmişler. Deli ve diğ. (2022) tarafından kaju elma suyuna termosonikasyon uygulaması (24 kHz, 85 W güç, 15 dakika) sonucunda depolama sürecinde toplam asitliğinde 0. güne göre 90. günde %7,64’e varan bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın mikrobiyal gelişim sonucu olabileceği ve pH değerindeki düşüşün toplam asitlik değerinin artmasına sebep olacağını bildirmişlerdir.

4.5 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayin Sonuçları ve Tartışma

Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin depolama süresince belirlenen toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.5’te gösterilmiştir. Taze portakal-havuç suyunun toplam fenolik madde miktarı 2661,43±1,16 mg GAE/100 mL olarak belirlenmiştir. 0. gün PST (2187,01±16,74 mg GAE/100 mL), US (2432,60±16,74 mg GAE/100 mL), US+40 °C (2443,76±5,58 mg GAE/100 mL), US+50 °C (2226,08±11,16 mg GAE/100 mL) ve US+60 °C (2365,62±27,91 mg GAE/100 mL) uygulamaları ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarında kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemli (p<0,05) bir azalma

belirlenmiştir. En fazla azalma PST ve US+50 °C’de tespit edilmiştir. Kontrol örneğinden sonra en yüksek toplam fenolik madde miktarı ise US ve US+40 °C uygulamalarında belirlenmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.5 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100 mL) değerleri.

Depolama Süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	2661,43 ± 11,16 ^a	2661,43 ± 11,16 ^a
	PST	2187,01 ± 16,74 ^{dA}	2187,01 ± 16,74 ^{dA}
	US	2432,60 ± 16,74 ^b	2432,60 ± 16,74 ^b
	US+40 °C	2443,76 ± 5,58 ^b	2443,76 ± 5,58 ^b
	US+50 °C	2226,08 ± 11,16 ^d	2226,08 ± 11,16 ^{dA}
	US+60 °C	2365,62 ± 27,91 ^{cA}	2365,62 ± 27,91 ^{cA}
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	2080,97 ± 11,16 ^{bB}	2008,41 ± 27,91 ^{cB}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	2187,01 ± 27,91 ^a	2203,76 ± 11,16 ^{aA}
	US+60 °C	2259,57 ± 22,33 ^{aAB a}	2108,87 ± 16,74 ^{bB b}
28. gün	Kontrol	-	-
	PST	2069,80 ± 33,49 ^{B a}	1863,29 ± 27,91 ^{bC b}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	2203,76 ± 33,49	2086,55 ± 27,91 ^{aB}
	US+60 °C	2170,27 ± 22,33 ^{B a}	2030,73 ± 5,58 ^{aB b}

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir (p<0,05) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir (p<0,05) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistikî açıdan önemlidir (p<0,05) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Rawson ve diğ. (2011) taze sıkılmış karpuz suyuna termosonikasyon (20 kHz sabit frekans, 24,1-60 µm genlik, 25-45 °C, 2-10 dakika) uygulamışlar, 10 dakika ve daha yüksek işlem süresinde muamele edilen örneklerde işlem görmemiş örneğe kıyasla toplam fenolik madde miktarında önemli (p<0,05) bir azalma tespit edilmiştir. Sıcaklığın 25 °C’den 45 °C’ye yükseltildiği ve işlem sürelerinin uzadığı örneklerde ise daha belirgin bir azalma belirlenmiş ve sıcaklığın toplam fenolik madde miktarı üzerine önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Saeeduddin ve diğ. (2015) taze armut suyuna geleneksel pastörizasyon (65 °C, 10 dakika ve 95 °C 2 dakika) ve ultrasonik pastörizasyon (20 kHz, %70 genlik, 25, 45 ve 65 °C, 10 dakika) işlemleri uygulamışlardır. 95 °C pastörize edilen örneklerde 65 °C’de pastörize edilenlere göre askorbik asit, flavonoid ve toplam fenolik madde miktarında daha fazla azalma meydana geldiği ve bu bileşiklerin ısıya karşı oldukça duyarlı olduğu için işlem

sıcaklığı arttıkça bu bileşiklerin kaybında arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte 25 °C’de uygulanan US işleminde örneklerde bu bileşiklerin miktarı artarken, işlem sıcaklığı 45 °C’den 65 °C’ye çıktığında bu bileşiklerin miktarında azalma meydana geldiği rapor edilmiştir..

Çizelge 4.5’te görüldüğü gibi 14. günde 4 °C’de depolanan US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinde önemli bir değişiklik olmazken; PST örneğinde (2080,97±11,16 mg GAE/100 mL) önemli (p<0,05) bir azalma olduğu ve US+50 °C (2187,01±7,91 mg GAE/100 mL) ve US+60 °C (2259,57±22,33 mg GAE/100 mL) örneklerinin birbirlerine kıyasla toplam fenolik madde değerlerinde önemli bir fark olmadığı (p>0,05) belirlenmiştir. 28. gün sonunda ise PST (2069,80±33,49 mg GAE/100 mL), US+50 °C (2203,76±33,49 mg GAE/100 mL) ve US+60 °C (2170,27±22,33 mg GAE/100 mL) örneklerinde hem birbirlerine kıyasla hem de 14. gün değerlerine kıyasla önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir (p>0,05). 25 °C’de depolanan örneklerde (PST 14. gün ve US+50 °C 14 ve 28. gün hariç) 4 °C’de depolanan örneklere kıyasla toplam fenolik madde miktarında önemli (p<0,05) bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

Depolama sürecinde toplam fenolik madde miktarındaki azalma nedeninin fenoliklerin polimerizasyonunda gerçekleşen değişiklikler olabileceği bildirilmiştir (Wang ve diğ, 2000). Zia ve diğ. (2019) yaptıkları bir çalışmada toplam fenolik madde miktarında gerçekleşen azalmanın bazı fenolik bileşiklerin oksidatif yıkımı ya da ortamda bulunan proteinler ile polimerizasyonu nedeniyle olabileceğini rapor etmişlerdir. Jabbar ve diğ. (2014) US uygulamış havuç suyunda 4 °C’de 18 gün depolama süresince toplam fenolik madde miktarında azalmalar olduğunu belirlemişlerdir. Nadeem ve diğ. (2018) havuç-üzüm suyu karışımına 20 kHz frekans, %70 genlik, 525 W güç ile US uygulamışlardır. 1-90 gün depolama süresi boyunca toplam fenolik madde miktarında azalma olduğunu ancak kontrol örneğine göre daha iyi sonuçlar bulunduğunu bildirmişlerdir.

4.6 Antioksidan Kapasite Tayin Sonuçları ve Tartışma

Kontrol ile PST, US ve TS uygulamaları ile işlenen portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin antioksidan kapasite değerlerindeki değişiklikler Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında antioksidan kapasite (μmol Troloks/mL) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	20,57 ± 0,04 ^b	20,57 ± 0,04 ^b
	PST	24,83 ± 0,71 ^{a A}	24,83 ± 0,71 ^{a A}
	US	20,94 ± 0,41 ^b	20,94 ± 0,41 ^b
	US+40 °C	20,42 ± 0,34 ^b	20,42 ± 0,34 ^b
	US+50 °C	23,26 ± 0,64 ^{a A}	23,26 ± 0,64 ^{a A}
	US+60 °C	24,64 ± 0,60 ^{a A}	24,64 ± 0,60 ^{a A}
	14. gün	Kontrol	-
PST		21,17 ± 0,64 ^B	21,54 ± 0,19 ^{a B}
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		19,56 ± 0,07 ^B	19,49 ± 0,15 ^{b B}
US+60 °C		20,61 ± 0,22 ^{B a}	18,36 ± 0,37 ^{b B b}
28. gün		Kontrol	-
	PST	22,89 ± 0,19 ^{a AB a}	20,94 ± 0,11 ^{a B b}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	18,36 ± 0,52 ^{ab B}	17,54 ± 0,15 ^{b C}
	US+60 °C	20,46 ± 0,97 ^{b B}	18,18 ± 0,64 ^{b B}

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Taze sıkılmış portakal-havuç suyu (kontrol) örneğinin antioksidan kapasite değeri $20,57 \pm 0,04 \mu\text{mol}$ Troloks/mL olarak bulunmuştur. İşlem görmüş örneklerin 0. gün analizlerinde PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin antioksidan kapasite değerleri sırasıyla $24,83 \pm 0,71 \mu\text{mol}$ Troloks/mL, $20,94 \pm 0,41 \mu\text{mol}$ Troloks/mL, $20,42 \pm 0,34 \mu\text{mol}$ Troloks/mL, $23,26 \pm 0,64 \mu\text{mol}$ Troloks/mL ve $24,64 \pm 0,60 \mu\text{mol}$ Troloks/mL olarak belirlenmiştir. İşlem görmüş örneklerden PST, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin antioksidan kapasite değerlerinde kontrol örneğine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir artış olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Bhat ve diğ. (2011) taze kalamondin (*Citrus microcarpa*) suyuna (25 kHz frekans, 20 °C) uyguladıkları, 30 ve 60 dakikalık US işlemi sonunda her iki süre sonunda da antioksidan kapasitede önemli bir artış tespit etmişlerdir. Bununla birlikte 60 dakikalık uygulama sonunda kontrol örneğine kıyasla antioksidan kapasitede %34,6'lık bir artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada mango suyu pastörizasyon ve US uygulaması ile muamele edilmesi sonucunda antioksidan kapasitede artış

gözlemlendiği ve sonikasyon uygulaması ile meyve suyundan oksijenin aktif olarak uzaklaştırılmasının antioksidan kapasite değerinde katkısı olduğu bildirilmiştir (Santhirasegaram ve diğ., 2013).

Çizelge 4.6 incelendiğinde 4 °C’de 14. gün depolama sonrası PST (21,17±0,64 µmol Troloks/mL), US+50 °C (19,56±0,07 µmol Troloks/mL) ve US+60 °C (20,61±0,22 µmol Troloks/mL) örneklerinin antioksidan kapasite değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmektedir (p<0,05). 4 °C’de 28. gün depolama sonrası PST, US+50 °C ve US+60 °C örnekleri incelendiğinde antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 22,89±0,19 µmol Troloks/mL, 18,36±0,52 µmol Troloks/mL ve 20,46±0,97 µmol Troloks/mL olarak belirlenmiş ve bu değişiklikler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0,05). 25 °C’de depolanan örneklerde depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yapıldığında ise yalnızca 14. gün US+60 °C (18,36±0,37 µmol Troloks/mL) ve 28. gün PST (20,94±0,11 µmol Troloks/mL) örneklerinin antioksidan kapasite değerlerinde önemli (p<0,05) bir azalma olduğu, diğer örneklerde önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05).

Sulaiman ve diğ. (2017) tarafından elma suyuna TS (58 °C, 10 dakika) uygulanmış ve örnekler 3 °C ve 20 °C’de 30 gün depolanmıştır. Termosonikasyon sonucu antioksidan aktivitenin %86’den %103’e yükseldiğini ancak depolama süresince örneklerin antioksidan aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Cruz-Cansino ve diğ. (2015) mor hint inciri suyuna TS uygulanmış ve örneklerin antioksidan kapasitesi değerlerinin 14 günlük depolama süresi boyunca arttığı; ancak 28. güne doğru değerlerde azalma olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise US uygulanmış (5 dakika) üzüm-havuç suyunun 90 gün depolanması sürecinde antioksidan kapasite değerlerinde azalma gerçekleştiği belirtilmiştir (Nadeem ve diğ., 2018).

4.7 Toplam Karotenoid Madde Miktarı Tayin Sonuçları ve Tartışma

Farklı uygulamalar ile işlenen portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin 28 günlük depolama süresince toplam karotenoid madde miktarı değerlerindeki değişiklikler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Taze sıkılmış portakal-havuç suyu (kontrol) örneğinin toplam karotenoid miktarı 4,91±0,09 mg/L β-karoten olarak bulunmuştur. İşlem görmüş PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin toplam karotenoid miktarı sırasıyla 4,49±0,10

mg/L β -karoten, 4,89 \pm 0,08 mg/L β -karoten, 4,63 \pm 0,09 mg/L β -karoten, 4,20 \pm 0,01 mg/L β -karoten ve 3,75 \pm 0,12 mg/L β -karoten olarak belirlenmiş ve kontrol örneğine kıyasla tüm gruplarda azalma belirlenmiştir. Kontrol ile US ve US+40 °C örnek grupları arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). 4 °C’de depolama süresince ise tüm örneklerin toplam karotenoid madde miktarında artış belirlenmiştir. Depolama sıcaklığı açısından kıyasladığımızda ise (28. gün US+50 °C hariç) örnek grupları arasında önemli bir değişiklik bulunmamıştır. 4 °C’de 28. gün US+50 °C (4,50 \pm 0,15 mg/L β -karoten) örneği, 25 °C’de depolanan 28. gün US+50 °C (3,21 \pm 0,02 mg/L β -karoten) örneğinden daha yüksek toplam karotenoid madde miktarına sahiptir ($p<0,05$).

Çizelge 4.7 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam karotenoid madde miktarı (mg/L β -karoten) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	4,91 \pm 0,09 ^a	4,91 \pm 0,09 ^a
	PST	4,49 \pm 0,10 ^{bc B}	4,49 \pm 0,10 ^{bc B}
	US	4,89 \pm 0,08 ^a	4,89 \pm 0,08 ^a
	US+40 °C	4,63 \pm 0,09 ^{ab}	4,63 \pm 0,09 ^{ab}
	US+50 °C	4,20 \pm 0,01 ^{c AB}	4,20 \pm 0,01 ^{c A}
	US+60 °C	3,75 \pm 0,12 ^{d B}	3,75 \pm 0,12 ^d
	14. gün	Kontrol	-
PST		4,64 \pm 0,04 ^{a B}	4,5 \pm 0,01 ^{a B}
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		3,99 \pm 0,08 ^{b B}	3,53 \pm 0,16 ^{b B}
US+60 °C		4,23 \pm 0,10 ^{b A}	4,11 \pm 0,01 ^a
28. gün		Kontrol	-
	PST	5,51 \pm 0,16 ^{a A}	5,03 \pm 0,09 ^{a A}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	4,50 \pm 0,15 ^{b A a}	3,21 \pm 0,02 ^{b B b}
	US+60 °C	4,32 \pm 0,01 ^{b A}	3,08 \pm 0,66 ^b

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-B: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Deli ve diğ. (2022) tarafından kaju elma suyuna optimum TS koşulları ile uygulama yapılmış ve 3 ay süreyle depolanmıştır. İşlem sonucunda kontrol örneğine kıyasla 0. gün örneklerinin toplam karotenoid değerinde önemli düzeyde azalma olduğu bildirilmiştir. TS uygulanan örneklerin ilk 10 günlük depolama sürecinde ise karotenoid madde miktarında artış olmuş ancak depolama sonuna kadar azalma gözlemlenmiştir.

Depolama süresince karotenoid maddelerin artışı karotenoid maddelerin izomerisasyonu ile açıklanmıştır. 0. günde ki azalmanın nedeni ise karotenoidleri substrat olarak seçen enzimlerin ve serbest radikallerin, TS enerjisinin ve/veya gücünün yüksek olmasından dolayı işlem esnasında karotenoidleri hızla parçalaması olabileceği bildirilmiştir (Ağçam ve diğ, 2014). Aynı zamanda karotenoid miktarının azalması uygulama esnasında fiziksel işlemler, izomerizasyon ve enzimatik veya enzimatik olmayan oksidasyon ile gerçekleşebilmektedir (Rodriguez-Amaya, 1999). Jabbar ve diğ. (2014) havuç suyuna 15 °C’de US işlemi uygulamış ve havuç suyunun toplam karotenoid madde miktarında 10 gün depolanma sürecinde artış olduğunu bildirilmiştir. Santhirasegaram ve diğ. (2013) mango suyu ile yaptıkları çalışmada ısıl işlemin karotenoidlerin geometrik izomerizasyonunu indüklediği için karotenoid kaybına neden olduğunu ve ısının karotenoidlerin konjuge çift bağlarında kararsızlığa neden olarak oksidasyon gerçekleştirdiğini bildirmiştir.

Sonikasyon uygulamalarıyla meyve sularında toplam karotenoid madde miktarının artması kavitasyon kaynaklı şok dalgaları ile lipoksigenaz enziminin inaktive edilmesi ve hücre duvarının yapısının bozulması sonucu karotenoidlerin salınımı ile açıklanmıştır (Santhirasegaram ve diğ, 2013). Yapılan önceki çalışmalarda da US ile işlenmiş elma ve havuç sularında önemli ölçüde daha yüksek toplam karotenoid miktarı bildirilmiştir (Abid ve diğ, 2014; Jabbar ve diğ, 2014).

4.8 Askorbik Asit Tayin Sonuçları ve Tartışma

Uygulanan farklı işlemler sonrası portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin 4 °C ve 25 °C’deki depolama süresince askorbik asit miktarındaki değişimler Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Taze sıkılmış portakal-havuç suyu (kontrol) örneğinin askorbik asit miktarı $54,36 \pm 0,87$ olarak belirlenmiştir. PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C uygulamaları sonrası askorbik asit değerleri sırasıyla $47,38 \pm 0,29$ mg/100 mL, $55,52 \pm 0,29$ mg/100 mL, $53,78 \pm 0,29$ mg/100 mL, $54,65 \pm 0,58$ mg/100 mL ve $53,20 \pm 0,29$ mg/100 mL olarak bulunmuştur. US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örnekleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). İşlem görmüş örnekler içinde en düşük değer PST uygulamasında belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.8 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında askorbik asit (mg/100 mL) değerleri.

Depolama Süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	54,36 ± 0,87 ^{ab}	54,36 ± 0,87 ^{ab}
	PST	47,38 ± 0,29 ^{c A}	47,38 ± 0,29 ^{c A}
	US	55,52 ± 0,29 ^a	55,52 ± 0,29 ^a
	US+40 °C	53,78 ± 0,29 ^b	53,78 ± 0,29 ^b
	US+50 °C	54,65 ± 0,58 ^{ab A}	54,65 ± 0,58 ^{ab A}
	US+60 °C	53,20 ± 0,29 ^{b A}	53,20 ± 0,29 ^{b A}
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	43,02 ± 0,58 ^{b B}	38,66 ± 0,87 ^{b B}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	48,84 ± 0,58 ^{a B a}	42,44 ± 0,58 ^{a B b}
	US+60 °C	47,09 ± 0,58 ^{a B a}	41,57 ± 0,29 ^{a B b}
28. gün	Kontrol	-	-
	PST	42,15 ± 0,87 ^{b B a}	35,76 ± 0,29 ^{b C b}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	45,35 ± 0,58 ^{a C a}	42,15 ± 0,29 ^{a B b}
	US+60 °C	45,06 ± 0,29 ^{a C a}	40,99 ± 0,29 ^{a B b}

a-c: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistik açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistik açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistik açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Santhirasegaram ve diğ. (2013) mango suyuna uyguladıkları ısı işlem ve sonikasyon uygulamalarını kıyaslamıştır. Askorbik asitteki en az azalma 15 dakika sonikasyon uygulamasında en fazla azalma ise ısı işlemde gözlemlenmiştir. Isıl pastörizasyon uygulanmış örneğin kontrol örneğine göre askorbik asit miktarında %65 oranında azalma bildirilmiştir. Aynı şekilde Tiwari ve diğ.(2009) ısı işlem görmüş portakal sularının askorbik asit miktarının kontrol ve sonikasyon uygulanmış örneklerle göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu kayıplar askorbik asitin ısıya duyarlılığı ile açıklanmıştır.

Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi örnekleri depolama süresi açısından karşılaştırdığımızda 4 °C'de 14 gün depolama sonrası PST (43,02±0,58 mg/100 mL), US+50 °C (48,84±0,58 mg/100 mL) ve US+60 °C (47,09±0,58 mg/100 mL) örneklerinin askorbik asit miktarı istatistiksel olarak önemli azalma göstermiştir ($p < 0,05$). 4 °C'de 28 gün depolama sonrası ise US+50 °C (45,35±0,58 mg/100 mL) ve US+60 °C (45,06±0,29 mg/100 mL) örnekleri istatistiksel olarak önemli azalma

belirlenirken ($p<0,05$) ve PST ($42,15\pm0,87$ mg/100 mL) örneğinin de askorbik asit miktarında da azalma olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yaptığımızda bütün örneklerde $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerin değerleri $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye göre daha düşüktür ve PST grubundaki azalma hariç gözlemlenen bu farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Khandpur ve Gogate (2015) meyve ve sebze sularına ısı işlem, US ve US+UV-C kombinasyonu ile muamele sonucunda depolama sırasında US ve US+UV-C kombinasyonunun ısı işlem görmüş örneklere göre yüksek askorbik asit içeriğini koruduğunu ancak sürenin artmasıyla askorbik asit değerlerinde azalma olduğu bildirilmiştir. Askorbik asit kaybına oksijen varlığından kaynaklanan oksidatif mekanizma ile ısı, ışık, askorbat oksidaz ve peroksidaz gibi enzimler neden olabilmektedir (Davey ve diğ. 2000; Odriozola-Serrano ve diğ. 2008). Ayrıca depolama sıcaklığı, işleme türü ve paketlenme malzemeleri depolama sırasında askorbik asit bozunma oranını etkilemektedir (Ayhan ve diğ. 2001). Yapılan birçok çalışmada US işleminin askorbik asit miktarına olumlu bir etkisi olduğu rapor edilmiştir. US işleminin bu olumlu etkisi kaviteasyon ile ortamda çözünmüş oksijenin ortadan kaldırılması ve askorbik asit oksidasyonunun önlenmesiyle açıklanmaktadır (Knoor ve diğ. 2004).

4.9 Hidroksimetil furfural (HMF) Tayin Sonuçları ve Tartışma

Taze, PST, US ve TS uygulamaları ile işlenen portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin farklı depolama sıcaklıklarında muhafaza edilmesi ile HMF miktarlarında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Taze sıkılmış portakal-havuç suyu (kontrol) örneğinin HMF değeri $0,085\pm0,000$ mg/L olarak bulunmuştur. PST, US, US+40 $^{\circ}\text{C}$, US+50 $^{\circ}\text{C}$ ve US+60 $^{\circ}\text{C}$ işlemleri uygulandıktan sonra HMF değerleri sırasıyla $0,355\pm0,013$ mg/L, $0,236\pm0,008$ mg/L, $0,343\pm0,005$ mg/L, $0,418\pm0,024$ mg/L ve $0,443\pm0,009$ mg/L olarak belirlenmiştir. En düşük HMF miktarı US örneğinde saptanırken, US ile kombine edilen sıcaklık derecesi arttıkça HMF değerinde de artış belirlenmiştir ($p<0,05$).

HMF miktarının belirli bir seviyenin üzerinde bulunması gıdaların tat ve kokusunda bozulma, renginde esmerleşme, besin değerinde azalma gibi kalite kayıplarına sebep

olur ve ürün tüketici taleplerinin karşılayamayarak pazarlanabilir özelliğini kaybeder (Telatar, 1985). Yapılan çalışmalarda portakal suyunda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun, askorbik asit bozunması, asit katalizli şeker parçalanması ve Maillard reaksiyonu nedeniyle gerçekleştiği rapor edilmiştir (Wibowo ve diğ. 2015). Liao ve diğ. (2020) berrak kırmızı pitaya suyuna ısıl işlem, US ve TS uygulamışlardır. TS'ye tabi tutulan örneklerde 20 dakika ve/veya daha uzun süre (güç ve sıcaklıktan bağımsız) muamele edildiğinde istatistiksel olarak HMF artışı tespit edilmiştir. Ancak US örnekleri için istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,005$). Illera ve diğ. (2018) bulanık elma suyuna TS (20 kHz sabit frekans, %25-100 genlik, 20-50 °C, 15 dakika) işlemi uygulamış ve uygulama sonucunda tüm TS koşulları için HMF değerinin 2 mg/L civarında sabit kaldığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.9 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında HMF (mg/L) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	0,085 ± 0,000 ^d	0,085 ± 0,000
	PST	0,355 ± 0,013 ^b	0,355 ± 0,013 ^B
	US	0,236 ± 0,008 ^c	0,236 ± 0,008
	US+40 °C	0,343 ± 0,005 ^b	0,343 ± 0,005
	US+50 °C	0,418 ± 0,024 ^a	0,418 ± 0,024 ^B
	US+60 °C	0,443 ± 0,009 ^{aB}	0,443 ± 0,009 ^B
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	0,426 ± 0,032	0,525 ± 0,030 ^{bB}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	0,768 ± 0,158	0,631 ± 0,044 ^{abAB}
	US+60 °C	0,678 ± 0,002 ^{AB}	0,791 ± 0,079 ^{aA}
28. gün	Kontrol	-	-
	PST	0,477 ± 0,058	0,887 ± 0,088 ^A
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	0,670 ± 0,080	0,781 ± 0,070 ^A
	US+60 °C	0,703 ± 0,097 ^A	1,027 ± 0,042 ^A

a-f: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Çizelge 4.9 incelendiğinde depolama süresi boyunca her iki depolama sıcaklığında da HMF miktarının arttığı görülmektedir. Ayrıca 25 °C'de depolanan örneklerde 4 °C'de

depolanan örneklere kıyasla HMF miktarında daha çok artış belirlenmiştir. 28 gün sonunda en yüksek HMF miktarına sahip örnek 25 °C'deki US+60 °C (1,027±0,042 mg/L) örneğinin olduğu görülmüştür. Meyve sularında 5 mg/L'den daha fazla HMF miktarı aşırı bir ısı yüklemesi belirtisi olarak kabul edilmiştir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2004). Yaptığımız çalışmadaki HMF miktarları görüldüğü gibi bu sınırın çok altında belirlenmiştir.

Dündar (2018), bulanık çilek nektarı örneklerinde optimum TS işlem koşullarını belirlemek için uyguladığı çeşitli şartlardaki TS uygulamaları sonucu sıcaklık arttıkça HMF miktarının doğrusal olarak arttığı, ultrasonikasyon enerjisinin artışıyla ise aşamalı bir artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Belirlenen optimum termosonikasyon (59 °C, 455 J/g) işlemi sonucunda ise örnekler 4 °C'de 90 gün boyunca depolanmıştır. Benzer şekilde depolama boyunca HMF miktarının istatistiksel açıdan önemli ($p<0,01$) bir artış gösterdiği bildirilmiştir. Buglione ve Lazano (2002), 10-30 °C aralığında değişen sıcaklıklarda 20 hafta boyunca depoladıkları üzüm sularında depolamanın HMF miktarı üzerine etkisini incelediklerinde HMF miktarının önemli düzeyde arttığını tespit edilmiştir.

4.10 Esmerleşme İndeksi Tayin Sonuçları ve Tartışma

Farklı sıcaklıklarda depolanan portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası depolama süresince esmerleşme indeksi değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

0. gün analizleri incelendiğinde kontrol örneğinin esmerleşme indeksi değeri $0,27 \pm 0,04$ absorbans olarak bulunmuştur. PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin değerleri sırasıyla $0,32 \pm 0,01$ absorbans, $0,24 \pm 0,01$ absorbans, $0,25 \pm 0,01$ absorbans, $0,52 \pm 0,02$ absorbans ve $0,71 \pm 0,07$ absorbans olarak belirlenmiştir. US+50 °C ve US+60 °C uygulamaları sonucu portakal-havuç suyu örneklerinin esmerleşme indeksi değerleri istatistiksel olarak önemli bir artış ($p<0,05$) gösterirken diğer işlemlerden sonra esmerleşme indeksi değerlerinde önemli bir değişim belirlenmemiştir ($p>0,05$). 4 °C'de 14 ve 28 gün depolama süresi boyunca (14. gün US+60 °C hariç) esmerleşme indeksi değerlerinde önemli azalma meydana gelmiştir. 25 °C'de depolanan PST örneğinin 0. güne ($0,32 \pm 0,01$ absorbans) kıyasla 14. günde ($0,70 \pm 0,02$ absorbans) esmerleşme indeksi değerinde önemli artış gerçekleşmiş olup

14. güne kıyasla 28. günde (0,43±0,01 absorbands) azalma gözlemlenmiştir. 25 °C’de depolanan US+50 °C örneğinin ise 0. gün (0,52±0,02 absorbands) değeri 14. günde (0,26±0,01 absorbands) önemli azalma göstermiş ancak 28. günde (0,47±0,01 absorbands) artış göstermiştir ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). 25 °C’de 14 ve 28 gün depolanan örneklerin (14. gün US+50 °C ve US+60 °C hariç) depolama sıcaklığı açısından 4 °C’de depolanan örneklerle kıyasla esmerleşme indeksi değerlerinin istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür (p<0,05).

Çizelge 4.10 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında esmerleşme indeksi (absorbans) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	0,27 ± 0,04 ^c	0,27 ± 0,04 ^c
	PST	0,32 ± 0,01 ^{cA}	0,32 ± 0,01 ^{cC}
	US	0,24 ± 0,01 ^c	0,24 ± 0,01 ^c
	US+40 °C	0,25 ± 0,01 ^c	0,25 ± 0,01 ^c
	US+50 °C	0,52 ± 0,02 ^{bA}	0,52 ± 0,02 ^{bA}
	US+60 °C	0,71 ± 0,07 ^{aA}	0,71 ± 0,07 ^{aA}
	14. gün	Kontrol	-
PST		0,22 ± 0,01 ^{bBb}	0,70 ± 0,02 ^{aAa}
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		0,23 ± 0,01 ^{bB}	0,26 ± 0,01 ^{bB}
US+60 °C		0,58 ± 0,01 ^{aA}	0,63 ± 0,03 ^{aAB}
28. gün		Kontrol	-
	PST	0,24 ± 0,02 ^{bBb}	0,43 ± 0,01 ^{bBa}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	0,23 ± 0,01 ^{bBb}	0,47 ± 0,01 ^{abAa}
	US+60 °C	0,34 ± 0,01 ^{aBb}	0,51 ± 0,01 ^{aBa}

a-c: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Aadil ve diğ. (2013) greyfurt suyuna 0, 30, 60 ve 90 dakika süreyle US (28 kHz, %70 güç) uygulamıştır. US uygulanmış tüm örnekler kontrol ile karşılaştırıldığında esmerleşme indeksi değerlerinde artış belirlenmiş ve bu artış sonikasyonun renk pigmentlerinin yapısını bozmasıyla açıklanmıştır. Santhirasegaram ve diğ. (2013) mango suyuna 15, 30 ve 60 dakika US (25 °C, 40 kHz, 130 W) uygulaması sonucunda enzimatik olmayan esmerleşme indeksinde önemli artış meydana geldiğini ve US

uygulamasý sonucu oluşan kavitasyonun Maillard reaksiyonunu tetikleyerek esmerleşme derecesini arttýrdýđını bildirmişlerdir. Enzimatik olmayan esmerleşme Maillard reaksiyonunun sonucunda renk değişikliklerine ve besin kayýplarına neden olan, meyve suyunun renginin esmerleşmesidir (Caminiti ve diđ, 2011). Cruz-Cansino ve diđ. (2015) mor hint inciri suyuna TS (%80 genlik, 15 ve 25 dakika) uygulamış 4 °C’de 28 gün depolamışlardır. Örneklerin başlangıç esmerleşme indeksi değerleri kontrole göre önemli bir değişiklik göstermemiş ancak TS uygulanmış örneklerde 7 gün sonra azalma belirlenmiştir. İlerleyen günlerde özellikle 25 dakika işleme tabi tutulan örneklerin değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir. Abid ve diđ. (2015) US uygulanan elma sularının depolama boyunca (4 °C’de 30 gün) enzimatik olmayan esmerleşme değerlerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bir artış olduğunu ve bu artışın nedeninin Maillard reaksiyonu sonucu oluşan esmer renkli bileşikler, renk maddelerinin parçalanması ve askorbik asit parçalanması olabileceği bildirilmiştir.

4.11 L^* Değerleri

Portakal-havuç suyu karışımına uygulanan işlemler sonrası buzdolabı ve oda sıcaklığı şartlarında, 28 günlük depolama süresince L^* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Kontrol rneğinin L^* değerleri 55,05±0,81 olarak belirlenmiştir. Tüm uygulamalar sonrası örneklerin L^* değerleri 47,79±0,97 (US+60 °C) ile 57,09±0,71 (US) aralığında bulunmuştur. Uygulamalar sonrası örneklerin L^* değerleri kontrole göre değişiklik göstermiş olup US ve US+40 °C rneklerinin değerlerinde artış gözlemlenirken PST, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$).

Aadil ve diđ. (2013) greyfurt suyuna 30, 60 ve 90 dakika US uygulama sonucunda L^* değerinin 90 dakika uygulamasında en fazla azaldýđını ve US uygulamalarının kontrol örneğine kıyasla tüm renk değerlerinde değişikliklere neden olduğunu ancak bu farkların çıplak gözle kolayca görülemeyeceğini bildirmiştir. Karagöz ve Demirdöven (2016) havuç suyuna uygulanan 65 °C ve 80 °C sıcaklıklardaki TS ve geleneksel ısıl işlem uygulamaları sonucunda 80 °C’de uygulanan TS ve geleneksel ısıl işlemin, kontrol ve 65 °C’de işlenen örneklerin L^* değerlerine göre daha fazla azalma göstererek meyve sularının parlaklığında kayba neden olduğunu saptamışlardır.

Çizelge 4.11 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında L^* değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	55,05 ± 0,81 ^b	55,05 ± 0,81 ^b
	PST	52,04 ± 0,79 ^{cB}	52,04 ± 0,79 ^c
	US	57,09 ± 0,71 ^a	57,09 ± 0,71 ^a
	US+40 °C	55,85 ± 0,65 ^b	55,85 ± 0,65 ^b
	US+50 °C	48,38 ± 0,46 ^d	48,38 ± 0,46 ^{dA}
	US+60 °C	47,79 ± 0,97 ^{dA}	47,79 ± 0,97 ^{dA}
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	53,32 ± 0,48 ^{aAa}	51,94 ± 0,67 ^{ab}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	48,73 ± 0,90 ^{ba}	46,78 ± 0,68 ^{bBb}
	US+60 °C	44,85 ± 0,42 ^{cBa}	43,62 ± 0,36 ^{cBb}
28 gün	Kontrol	-	-
	PST	52,78 ± 0,85 ^{aABa}	51,35 ± 0,36 ^{ab}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	48,38 ± 0,72 ^{ba}	46,68 ± 0,30 ^{bBb}
	US+60 °C	43,23 ± 0,56 ^{cC}	42,72 ± 0,34 ^{Cb}

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi 4 °C’de depolanan US+60 °C örneği ve 25 °C’de depolanan US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin L^* değerlerinde 14 ve 28 gün depolama sürecinde 0. güne kıyasla önemli azalma belirlenmiştir. Depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yaptığımızda ise 25 °C’de depolanan tüm örneklerin (US+60 °C hariç) L^* değerlerinde 4 °C’de depolanan örneklere göre azalma saptanmıştır ($p<0,05$).

Costa ve diğ. (2013) ananas suyuna uyguladıkları US (376 W/cm², 10 dakika) sonucunda işlem görmüş örneklerin L^* değerinin kontrol örneğine göre daha düşük olduğunu saptamıştır. Bu düşüş sonikasyon sonucu hücre içi bileşiklerin salınarak meyve suyu rengini daha koyu hale getirmesi ile açıklanmıştır. 42 gün süreyle depolanan örneklerin 7. gün analizleri itibariyle L^* değerlerinde düşme olduğu bildirilmiştir. Li ve diğ. (2019) Çin bayberry (Myrica) suyuna TS işlemi (55 °C-400W, 63 °C-200,400 W) ve ısıtma işlemi (63 °C) uygulamış ve 25 °C’de 7 gün depolamışlardır. Kontrol örneğine kıyasla işlem görmüş örneklerin L^* değerlerindeki düşüş Maillard

reaksiyonu ile açıklanmıştır. 25 °C’de 10 gün ve 4 °C’de 28 gün boyunca depolanan TS (475W, 56 °C, 20 dakika) ve ısıl işlem (83 °C, 1,5 dakika) uygulanmış berrak kırmızı pitaya suyunun L^* değerlerinde azalma olduğu ve bu azalmaya enzimatik olmayan esmerleşme sonucu oluşan koyu renkli bileşiklerin neden olduğu bildirilmiştir (Zhu ve diğ, 2021). Tomadoni ve diğ. (2017) US (40 kHz, 10 ve 30 dakika) uygulaması ve 10 gün depolamanın çilek suyu üzerine etkisini araştırmış ve 3. günden itibaren L^* değerlerinde önemli düzeyde azalma gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

4.12 a^* Değeri

Farklı uygulamalarla işlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin belirlenen a^* değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında a^* değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	13,24 ± 0,64 ^f	13,24 ± 0,64 ^f
	PST	18,05 ± 0,36 ^{cB}	18,05 ± 0,36 ^{cC}
	US	14,68 ± 0,36 ^e	14,68 ± 0,36 ^e
	US+40 °C	15,55 ± 0,52 ^d	15,55 ± 0,52 ^d
	US+50 °C	19,33 ± 0,39 ^{bAB}	19,33 ± 0,39 ^{bC}
	US+60 °C	20,52 ± 0,57 ^{aB}	20,52 ± 0,57 ^{aB}
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	18,56 ± 0,53 ^{bBb}	20,16 ± 0,42 ^{bBa}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	19,28 ± 0,39 ^{bBb}	20,38 ± 0,21 ^{bBa}
	US+60 °C	21,92 ± 0,65 ^{aA}	22,35 ± 0,30 ^{aA}
28. gün	Kontrol	-	-
	PST	19,19 ± 0,25 ^{cAb}	20,79 ± 0,31 ^{cAa}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	19,85 ± 0,31 ^{bAb}	21,50 ± 0,34 ^{bAa}
	US+60 °C	21,27 ± 0,48 ^{aABb}	22,49 ± 0,39 ^{aAa}

a-f: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Taze portakal-havuç suyu örneğinin a^* değeri $13,24 \pm 0,64$ olarak tespit edilmiştir. 0. gün analizleri incelendiğinde işlem görmüş örneklerin a^* değeri $14,68 \pm 0,36$ (US) ve $20,52 \pm 0,57$ (US+60 °C) aralığında belirlenmiştir. Uygulanan işlemler sonucunda işlenmiş örneklerin a^* değeri kontrol örneğine göre artış göstermiş ve bu farklar istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

Depolama süresince her iki depolama sıcaklığında da örneklerin 0. gün a^* değerlerine kıyasla artış gerçekleştiği saptanmıştır. Depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yapıldığında ise 25 °C'de depolanan örneklerin hepsinin 4 °C'de depolanan örneklere göre a^* değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 28 günlük depolama sonunda en yüksek a^* değeri 25 °C'de depolanan US+60 °C ($22,49 \pm 0,39$) örneğinde en düşük a^* değeri ise 4 °C'de depolanan PST ($19,19 \pm 0,25$) örneğinde belirlenmiştir.

Abid ve diğ. (2014) tarafından elma suyuna ultrasonik prob (20, 40 ve 60 °C, 5 ve 10 dakika) ve ultrasonik banyo (20, 40 ve 60 °C, 30 dakika) kullanarak TS işlemi uygulanması sonucunda 40 ve 60 °C'de uygulanan işlemlerde a^* değerinde önemli artış meydana geldiği bildirilmiştir. Rawson ve diğ. (2011) karpuz suyuna TS (20 kHz sabit frekans, 24-45 °C, 24,1-60 µm genlik, 2-10 dakika) uygulaması sonucunda yüksek işleme sıcaklığı (35 ve 45 °C) ve yüksek genlik seviyelerinde a^* değerinin önemli şekilde artış gösterdiğini belirtmiştir. Jabbar ve diğ. (2015) tarafından TS uygulaması (750 W, 20 kHz frekans, %70 genlik, 20, 40 ve 60 °C, 5 ve 10 dakika) sonucunda havuç suyu örneklerinin a^* değerinde tüm TS işlemlerinde önemli düzeyde artış olduğu saptanmıştır. TS sonucunda havuç suyunun renk değerlerinde meydana gelen değişiklikler proses koşullarının tek başına veya kombine etkilerine bağlanmış ve hızlanan kimyasal reaksiyonlar, difüzyon hızının artması, enzimlerin parçalanması gibi çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlara neden olan kavitasyonun sonucu olabileceği bildirilmiştir (Sala ve diğ, 1995; Jabbar ve diğ, 2015). Mor hint inciri suyuna uygulana pastörizasyon ve TS sonucunda a^* değerlerinde kontrol örneğine kıyasla önemli artış gözlemlendiği ve 28 günlük depolama boyunca bu artışın devam ettiği rapor edilmiştir (Cruz- Cansino ve diğ, 2015). Yapılan bir başka çalışmada şeker kamışı suyuna ultrasonikasyon ve ultrasonikasyon-mikrodalga kombinasyonu uygulanmış ve hem uygulanan işlemler sonucunda hem de örneklerin 21 gün süreyle depolanması sürecinde a^* değerlerinde artış olduğu saptanmıştır (Zia ve diğ, 2019).

4.13 b^* Değeri

Portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası depolama süresince b^* değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Taze sıkılmış portakal-havuç suyu (kontrol) örneğinin b^* değeri $37,66 \pm 0,53$ olarak belirlenmiştir. Uygulanan işlemler sonrası örneklerin b^* değerleri $35,38 \pm 0,58$ (PST) ve $40,34 \pm 0,58$ (US) arasında bulunmuştur. US+60 °C ($38,51 \pm 0,36$) ve US+50 °C ($37,40 \pm 0,37$) örneklerinin b^* değerlerindeki değişim kontrol örneğine kıyasla istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur. US örneğinin b^* değeri kontrol örneğine kıyasla önemli artış gösterirken US+40 °C örneği önemli düşüş göstermiştir ($p < 0,05$). Kontrol örneğine kıyasla b^* değerinde en fazla azalma ise PST örneğinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.13 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında b^* değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	$37,66 \pm 0,53$ ^{bc}	$37,66 \pm 0,53$ ^{bc}
	PST	$35,38 \pm 0,58$ ^{eB}	$35,38 \pm 0,58$ ^{eB}
	US	$40,34 \pm 0,58$ ^a	$40,34 \pm 0,58$ ^a
	US+40 °C	$36,25 \pm 0,90$ ^d	$36,25 \pm 0,90$ ^d
	US+50 °C	$37,40 \pm 0,37$ ^c	$37,40 \pm 0,37$ ^{cA}
	US+60 °C	$38,51 \pm 0,36$ ^{bA}	$38,51 \pm 0,36$ ^{bA}
	14. gün	Kontrol	-
PST		$36,97 \pm 0,42$ ^{Ab}	$38,08 \pm 0,41$ ^{aAa}
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		$37,36 \pm 0,73$ ^a	$36,33 \pm 0,66$ ^{bBb}
US+60 °C		$37,80 \pm 0,75$ ^A	$36,91 \pm 0,44$ ^{bB}
28 gün		Kontrol	-
	PST	$33,60 \pm 0,87$ ^{cC}	$33,34 \pm 0,29$ ^{bC}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	$36,94 \pm 0,62$ ^{aa}	$34,46 \pm 0,62$ ^{aCb}
	US+60 °C	$34,94 \pm 0,81$ ^{bB}	$33,85 \pm 0,95$ ^{abC}

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Çizelge 4.13'te görüldüğü üzere 25 °C'de depolanan tüm örneklerin b^* değerleri depolama süresi açısından 28 gün içerisinde önemli ($p < 0,05$) düzeyde azalma

göstermiştir. 4 °C’de depolanan PST ve US+60 °C örneklerinin b^* değerleri de 28 gün sonunda 0. güne kıyasla önemli düzeyde azalma belirlenmiştir ($p<0,05$). Depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma yaptığımızda ise 14. günde 4 °C’deki PST ($36,97\pm 0,42$) örneğinin b^* değeri 25 °C’deki PST ($38,08\pm 0,41$) örneğinin b^* değerine göre daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$). 4 °C’de muhafaza edilen 14. gün US+50 °C ve 28. gün US+50 °C örneklerinin b^* değerleri ise 25 °C’deki örneklerin değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Jabbar ve diğ. (2015) tarafından pastörizasyon (80 °C, 1 dakika) ve TS uygulamaları (750 W, 20 kHz frekans, %70 genlik, 20, 40 ve 60 °C, 5 ve 10 dakika) sonucunda havuç suyu örneklerinin b^* değerinde tüm TS işlemlerinde önemli düzeyde artış meydana gelirken pastörizasyon uygulanan örnekte önemli bir düşüş belirlenmiştir. Abid ve diğ. (2014) elma suyuna uyguladıkları TS işlemleri sonucunda örneklerin b^* değerinde önemli artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Rojas ve diğ. (2016) tarafından yapılan çalışmada US ile işlenmiş ve işlenmemiş şeftali suyu örneklerinin b^* değerlerinde önemli bir değişiklik belirlenmemiş ancak 21 günlük depolama süresi boyunca b^* değerlerinde azalma olduğu bildirilmiş ve azalma nedeni depolama esnasında şeftali pigmentlerinin çözünmüş oksijen varlığına bağlı olarak bozulmasıyla açıklanmıştır. Bhat ve diğ. (2011) taze kalamondin (*Citrus microcarpa*) suyuna (25 kHz frekans, 20 °C) uyguladıkları, 30 ve 60 dakikalık US işlemi sonunda b^* değerinde artış gözlemlenmişler ve sonikasyon uygulanmış meyve sularındaki renk değişikliklerinin karotenoid izomerizasyonu ve sonikasyon sırasında oluşan serbest radikallerin etkileşimi sonucu meydana gelen oksidasyon reaksiyonlarına bağlanabileceğini bildirmişlerdir. Santhirasegaram ve diğ. (2013) mango suyuna uyguladıkları US (130 W, 40 kHz, 15,30 ve 60 dakika) sonucunda b^* değerinin azaldığını bildirmiştir. Renk değerlerindeki değişiklikleri meyve suyundaki kararsız parçacıkların çökmesiyle açıklamışlardır. Adil ve diğ. (2013) taze greyfurt suyuna uyguladıkları US sonucunda b^* değerlerinde çıplak gözle fark edilemeyecek kadar az miktarda düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

4.14 Kroma (C*) Değeri

Farklı uygulamalarla işlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin 28 günlük depolama süresince C* değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında kroma (C*) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	39,93 ± 0,55 ^c	39,93 ± 0,55 ^c
	PST	39,72 ± 0,57 ^{cB}	39,72 ± 0,57 ^{cB}
	US	42,93 ± 0,64 ^{ab}	42,93 ± 0,64 ^{ab}
	US+40 °C	39,45 ± 0,90 ^c	39,45 ± 0,90 ^c
	US+50 °C	42,10 ± 0,24 ^b	42,10 ± 0,24 ^{bA}
	US+60 °C	43,63 ± 0,48 ^{aA}	43,63 ± 0,48 ^{aA}
	14. gün	Kontrol	-
PST		41,37 ± 0,34 ^{cAb}	43,09 ± 0,33 ^{aAa}
US		-	-
US+40 °C		-	-
US+50 °C		42,40 ± 0,53 ^b	41,66 ± 0,56 ^{bA}
US+60 °C		43,70 ± 0,83 ^{aA}	43,14 ± 0,49 ^{aA}
28 gün		Kontrol	-
	PST	38,7 ± 0,64 ^{cC}	39,29 ± 0,36 ^{bB}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	41,94 ± 0,51 ^{aa}	40,62 ± 0,41 ^{aBb}
	US+60 °C	40,91 ± 0,70 ^{bB}	40,64 ± 0,74 ^{aB}

a-c: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Kontrol örneğinin C* değeri 39,93±0,55 olarak belirlenmiştir. Uygulanan işlemler sonrasında örneklerin C* değerleri 39,45±0,90 (US+40 °C) ile 43,63±0,48 (US+60 °C) arasında tespit edilmiştir. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında PST ve US+40 °C örneklerinin C* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). US, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin C* değerleri ise kontrol örneğine göre önemli düzeyde artış göstermiş (p<0,05). 4 °C ve 25 °C depolanan örneklerin (4 °C, US+50 °C hariç) depolama süresince başlangıç C* değerlerine kıyasla düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir.

Kroma (C^*) değeri, rengin doygunluk seviyesini, saflığını veya görsel yoğunluğunu gösterir ve rengin griden saf bir kromatik renge sapma seviyesi olarak tanımlanır. Bu nedenle yüksek değerler yüksek renk doygunluğunu ifade eder (Morales ve Jiménez-Pérez, 2001; Zhao ve diğ., 2004).

Jabbar ve diğ. (2015) tarafından TS (750 W, 20 kHz frekans, %70 genlik, 20, 40 ve 60 °C, 5 ve 10 dakika) uygulanmış tüm havuç suyu örneklerinin C^* değerinde önemli düzeyde artış meydana gelmiş ve en yüksek değer sıcaklık ve sürenin artışına paralel olarak 60 °C’de 10 dakika uygulamasında belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise mor hint inciri suyuna uygulanan TS sonucunda C^* değerlerinde kontrol örneğine kıyasla önemli artış meydana geldiği bildirilmiştir (Cruz-Cansino ve diğ., 2015).

4.15 Hue Açısı (α°) Değeri

Portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası buzdolabı ($4\pm 0,5$ °C) ve oda sıcaklığı ($25\pm 0,5$ °C) şartlarında, 0, 14 ve 28 gün depolama süresince belirlenen a^* ve b^* değerlerinden hesaplanan hue açısı (α°) değerleri Çizelge 4.15’te gösterilmiştir.

Kontrol örneğinin α° değeri $70,67\pm 0,90$ olarak belirlenmiştir. Uygulanan işlemler sonrasında örneklerin α° değerleri $61,99\pm 0,61$ (US+60 °C) ile $70,04\pm 0,32$ (US) arasında belirlenmiştir. Tüm uygulamalar sonrasında US örneği hariç α° değerlerinde kontrole göre istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) düzeyde azalma meydana gelmiştir. US+50 °C ve US+60 °C uygulamaları sonucunda belirlenen α° değerleri arasında birbirine kıyasla önemli bir fark bulunmamış ve en düşük α° değeri US+60 °C örneğinde belirlenmiştir. Her iki depolama sıcaklığında da depolama süresince α° değerlerinde azalma saptanmış olup 25 °C’de depolanan örneklerin değerleri 4 °C’de depolanan örneklere kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Hue açısı (renk tonu açısı) bir renk dairesi olarak tanımlanır ve kırmızı-mor renkler 0° - 360° açı değerlerinde almakta, kırmızı renk 0° açı değerinde, sarı renk 90° açı değerinde, yeşil renk 180° açı değerinde ve mavi renk 270° açı değerinde almaktadır (Mc Guire, 1992). Hue açısı (α°) değerleri incelendiğinde $56,41\pm 1,00$ ve $70,04\pm 0,32$ arasında değiştiği görülmekte ve bu durum portakal-havuç suyu örneklerinin hue açısı değerlerinin 0° - 90° aralığında olacağını göstermektedir (Çizelge 4.15). Bu sonuçlara göre portakal-havuç suyu örneklerinin sarı renge daha yakın olduğu anlaşılır.

Çizelge 4.15 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında hue açısı (α°) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	70,67 ± 0,90 ^a	70,67 ± 0,90 ^a
	PST	63,00 ± 0,55 ^{c A}	63,00 ± 0,55 ^{c A}
	US	70,04 ± 0,32 ^a	70,04 ± 0,32 ^a
	US+40 °C	66,81 ± 0,76 ^b	66,81 ± 0,76 ^b
	US+50 °C	62,70 ± 0,65 ^{cd AB}	62,70 ± 0,65 ^{cd A}
	US+60 °C	61,99 ± 0,61 ^{d A}	61,99 ± 0,61 ^{d A}
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	63,37 ± 0,80 ^{a A a}	62,13 ± 0,64 ^{a B b}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	62,97 ± 0,85 ^{a A a}	60,74 ± 0,54 ^{b B b}
	US+60 °C	59,92 ± 0,72 ^{b B a}	58,84 ± 0,28 ^{c B b}
28 gün	Kontrol	-	-
	PST	60,27 ± 0,96 ^{b B a}	58,08 ± 0,33 ^{a C b}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	61,78 ± 0,65 ^{a B a}	58,07 ± 0,82 ^{a C b}
	US+60 °C	58,68 ± 0,88 ^{c C a}	56,41 ± 1,00 ^{b C b}

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

Yapılan bir çalışmada US uygulanmış yaban mersini suyunun hue açısı (α°) değerlerinde işlenmemiş örneklere kıyasla düşüş gözlenmiştir, bu sonuçların b^* değerindeki değişikliklerden kaynaklanabileceği rapor edilmiştir. Ayrıca hue açısındaki azalmanın sonikasyon nedeniyle fenolik bileşiklerin ekstraksiyon etkisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Mohideen ve diğ., 2015). Depolama sürecindeki hue açısı (α°) artışının nedeni ise fenolik bileşiklerin bozulmasıyla ilişkilendirilmiştir (Rein ve Heinonen, 2004). Tomadoni ve diğ. (2016) tarafından çilek suyuna uygulanan US sonucunda hue açısı (α°) değerlerinde 0. günde kontrol örneğine kıyasla önemli bir değişim olmazken 10 günlük depolama sürecinde 3. gün itibariyle önemli ölçüde azalma olduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada kivi sularına US uygulanmış ve 2 gün süreyle depolanan örneklerin hue açısı (α°) değerlerinde azalma olduğu bildirilmiştir (Tomadoni ve diğ., 2017).

4.16 Toplam Renk Değişimi (ΔE) Değeri

Farklı uygulamalar ile işlenen portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin depolama süresince belirlenen L^* , a^* ve b^* değerlerinden hesaplanan ve taze portakal-havuç suyu örneğine göre toplam renk değişimini ifade eden ΔE değerleri Çizelge 4.16'da sunulmuştur. ΔE değeri iki farklı rengin karşılaştırılmasında kullanılan ve aralarındaki toplam renk farkını ifade eden bir renk parametresidir.

Çizelge 4.16 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin depolama sırasında toplam renk değişimi (ΔE) değerleri.

Depolama süreleri	İşleme yöntemleri	Depolama sıcaklıkları	
		4 °C	25 °C
0. gün	Kontrol	-	-
	PST	6,19 ± 0,43 ^c	6,19 ± 0,43 ^c
	US	3,73 ± 0,67 ^{dB}	3,73 ± 0,67 ^{dC}
	US+40 °C	3,01 ± 0,65 ^d	3,01 ± 0,65 ^d
	US+50 °C	9,05 ± 0,45 ^b	9,05 ± 0,45 ^{bC}
	US+60 °C	10,34 ± 0,86 ^{aC}	10,34 ± 0,86 ^{aC}
14. gün	Kontrol	-	-
	PST	5,67 ± 0,56 ^{cBb}	7,63 ± 0,59 ^{cBa}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	8,82 ± 0,48 ^{bb}	11,03 ± 0,61 ^{bBa}
	US+60 °C	13,43 ± 0,59 ^{aBb}	14,65 ± 0,36 ^{aBa}
28 gün	Kontrol	-	-
	PST	7,64 ± 0,52 ^{cAb}	9,47 ± 0,27 ^{cAa}
	US	-	-
	US+40 °C	-	-
	US+50 °C	9,45 ± 0,66 ^{bb}	12,2 ± 0,55 ^{bAa}
	US+60 °C	14,57 ± 0,65 ^{aAb}	15,91 ± 0,31 ^{aAa}

a-d: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

A-C: Farklı harflerle belirtilen aynı işleme yöntemi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama süreleri açısından karşılaştırma].

a-b: Farklı harflerle belirtilen aynı depolama süresi ve işleme yöntemine ait değerler istatistikî açıdan önemlidir ($p<0,05$) [depolama sıcaklığı açısından karşılaştırma].

0. gün analiz sonuçlarında işlem görmüş portakal-havuç suyu örneklerinin ΔE değerleri $3,73\pm 0,67$ (US) ve $10,34\pm 0,86$ (US+60 °C) arasında belirlenmiştir. En yüksek ΔE değeri US+60 °C örneğinde saptanmıştır. Örneklerin depolanmaları süresince her iki depolama sıcaklığında da ΔE değerlerinde artış olduğu görülmekte ve bu artış 25 °C'de depolanan örneklerde daha fazladır. 28 günlük depolama süreci sonunda en yüksek ΔE değeri 25 °C'de depolanan US+60 °C örneğinde, en düşük ΔE değeri ise 4 °C'de depolanan PST örneğinde belirlenmiştir.

Choi ve diğ. (2002) ΔE değerlerinin 2'nin üzerinde olmasının görsel olarak algılanabileceğini bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada işlem görmüş tüm örneklerin belirlenen ΔE değerlerinin “çok farkedilebilir (well visible)” sınıfında olduğu görülmüştür (Cserhalmi ve diğ, 2006).

Tiwari ve diğ. (2009) portakal suyu örneklerine US uygulaması sonrası 30 gün depolama süresince (10 °C) ΔE değerlerinin arttığını saptamışlardır. Jabbar ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada havuç suyuna uygulanan TS (20-60 °C) işlemi sonucunda ΔE değerlerinin işlem sıcaklığı ile paralel olarak arttığı belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık etkisiyle daha koyu renk oluşması pigment tahribatının sonucudur. Sıcaklık yükseldikçe karotenoid izomerasyonu hızlanır. Bu nedenle ısıl uygulamalar sonucunda ΔE değerleri artar (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2012).

4.17 Duyusal Analiz Değerlendirmesi

Taze portakal-havuç suyu karışımı ile PST, US ve TS işlemleri uygulanan portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Farklı uygulamalarla işlenen örneklerin aynı gün gerçekleştirilen duyusal analizlerinde renk, görünüş, koku, lezzet ve genel beğeni puanları değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.17 : Farklı uygulamalarla işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin duyusal analiz sonuçları.

İşleme yöntemleri	Duyusal Özellikler				
	Renk	Görünüş	Koku	Lezzet	Genel Beğeni
Kontrol	4,47 ± 0,81 ^a	4,33 ± 0,70 ^{ab}	3,67 ± 1,14 ^{ab}	3,80 ± 1,28 ^{ab}	4,07 ± 0,93
PST	3,33 ± 1,14 ^b	3,73 ± 1,29 ^{bc}	3,20 ± 1,42 ^b	3,40 ± 1,54 ^{ab}	3,47 ± 1,31
US	4,47 ± 0,81 ^a	4,53 ± 0,72 ^a	2,87 ± 1,20 ^b	3,20 ± 1,11 ^b	3,53 ± 1,02
US+40 °C	4,20 ± 0,83 ^a	4,27 ± 0,85 ^{abc}	3,33 ± 1,14 ^b	3,60 ± 0,80 ^{ab}	4,07 ± 0,57
US+50 °C	4,20 ± 0,83 ^a	3,60 ± 1,02 ^c	3,60 ± 1,02 ^{ab}	3,60 ± 1,02 ^{ab}	3,73 ± 0,85
US+60 °C	4,27 ± 0,77 ^a	3,93 ± 0,93 ^{abc}	4,40 ± 0,61 ^a	4,07 ± 1,00 ^a	4,00 ± 0,82

a-c: Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistik açıdan önemlidir (p<0,05) [işleme yöntemi açısından karşılaştırma].

Örneklerin renk değerleri incelendiğinde taze portakal-havuç suyu karışımı örneği ve sonikasyon uygulamaları ile işlenen örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken (p>0,05), PST örneği istatistiksel olarak en az beğenilen (p<0,05) örnek olmuştur.

Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin görünüş puanları 3,60±1,02 (US+50 °C) ile 4,53±0,72 (US) aralığında belirlenmiştir. Görünüş açısından en çok beğenilen US örneği ile kontrol (4,33±0,70), US+40 °C (4,27±0,85) ve US+60 °C (3,93±0,93)

örnekleri arasında görünüş değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir ($p>0,05$).

Farklı işlemler uygulanan örneklerin koku değerleri $2,87\pm1,20$ ile $4,40\pm0,61$ arasında değişim göstermiştir. Koku açısından en az beğenilen US örneği iken en çok beğenilen US+60 °C örneği olmuştur. Bununla birlikte, kontrol örneği ile ısı işlem ve sonikasyona tabi tutulmuş örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir ($p>0,05$).

Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin lezzet değerleri $3,20\pm1,11$ (US) ve $4,07\pm1,00$ (US+60 °C) arasında değişim göstermiştir. Lezzet açısından en beğenilen US+60 °C örneği, kontrol ($3,80\pm1,28$), PST ($3,40\pm1,54$), US+40 °C ($3,60\pm0,80$) ve US+50 °C ($3,60\pm1,02$) örnekleri arasında lezzet değerleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$).

Genel beğeni değerleri incelendiğinde taze portakal-havuç suyu karışımı ile işlem görmüş tüm örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), en çok beğenilen US+40 °C ($4,07\pm0,57$) örneği ve en az beğenilen örnek ise PST ($3,47\pm1,31$) uygulanmış örnek olmuştur ($p>0,05$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; portakal ve havuç suları 60:40 oranında karıştırılarak hazırlanmış ve elde edilen karışım meyve suyuna PST, US, US+40 °C, US+50 °C ve US+60 °C işlemleri uygulanmıştır. Portakal-havuç suyu karışımlarına uygulanan işlemler sonrası buzdolabı (4±0,5 °C) ve oda sıcaklığı (25±0,5 °C) şartlarında, 0, 14 ve 28 gün depolama süresince örneklerin belirlenen mikrobiyolojik, kimyasal ve fizikokimyasal analizleri yapılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre:

1. Uygulanan işlemler sonrasında örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları 0. gün kontrol örneği ile kıyaslandığında toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf sayısında önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (p<0,05). PST, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde 28 gün depolama süresi boyunca mikrobiyal gelişim saptanmamıştır. Bu örneklerin depolama sonunda raf ömrünün devam ettiği ve tüketilebilir kalitede olduğu tespit edilmiştir.
2. Uygulanan işlemler sonucunda tüm örneklerin °briks değerlerinde kontrol örneğine kıyasla istatistiksel olarak önemli azalma meydana gelmiştir (p<0,05). Depolama sıcaklığı ve süresi ile paralel olarak 25 °C'de depolanan örneklerin °briks değerlerinde önemli düzeyde azalma gerçekleşmiştir (p<0,05).
3. US uygulamaları sonucunda işlenmiş örneklerin (US hariç) pH değerlerinde kontrol örneğine kıyasla artış meydana gelmiştir. 28 gün depolama sonunda PST ve US+60 °C örneklerinin pH değerinde önemli bir fark gözlemlenmezken (p>0,05), US+50 °C örneğinin pH değerinde düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir (p<0,05).
4. Isıl işlem ve sonikasyon ile işlenen örneklerin toplam asitlik değerlerinde kontrol örneğine kıyasla önemli bir fark saptanmamıştır (p>0,05). Depolama süresi ve sıcaklığı da toplam asitliği üzerinde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır (p>0,05).

5. Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin uygulanan işlemler sonucunda toplam fenolik madde miktarında kontrol örneğine kıyasla önemli azalma olmuştur ($p<0,05$). En yüksek toplam fenolik madde miktarı US+40 °C ve en düşük toplam fenolik madde PST örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince genel olarak örneklerin toplam fenolik madde miktarında azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$).
6. Antioksidan kapasite değerleri, PST, US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde kontrol örneğine göre istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir ($p<0,05$). 28 gün depolama sonrasında gerek 4 °C ve gerekse de 25 °C’lerde depolanan örneklerin antioksidan kapasite değerlerinde azalma belirlenmiştir ($p<0,05$).
7. Toplam karotenoid madde miktarı en düşük US+60 °C örneğinde tespit edilmiştir. US ve US+40 °C örneklerinin karotenoid madde miktarı değerlerinin kontrol örneği ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). 28 gün depolama sonunda 4 °C’de depolanan örneklerin toplam karotenoid madde miktarının önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$).
8. Askorbik asit miktarında kontrol örneğine kıyasla sonikasyon uygulanan tüm örneklerin değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). PST örneğinin askorbik asit miktarında ise önemli düzeyde azalma olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). 28 gün depolama süresince PST ve sonikasyon uygulanmış örneklerin askorbik asit miktarında önemli azalmalar olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).
9. Hidroksimetil furfural (HMF) miktarında en yüksek değer US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde belirlenmiştir. Sonikasyon uygulamalarında sıcaklık arttıkça HMF miktarının da arttığı saptanmıştır ($p<0,05$). 25 °C’de depolanan tüm örneklerin depolama süresince HMF miktarlarında önemli düzeyde artış olurken, 4 °C’de depolanan örneklerden yalnızca US+60 °C örneğindeki artış önemli bulunmuştur ($p<0,05$).
10. Esmerleşme indeksi değerlerinde yalnızca US+50 °C ve US+60 °C örneklerinde kontrol örneğine göre önemli artış belirlenmiştir ($p<0,05$). 28 gün depolama sürecinde 25 °C’de depolanan US+50 °C örneği hariç tüm örneklerin

esmerleşme ($p>0,05$) indeksi değerlerinde olan azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

11. Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin L^* değerlerinde kontrole kıyasla US örneğinde artış gözlemlenirken PST ve TS uygulamalarının hepsinde azalma olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). 4 °C'de depolanan US+60 °C örneği ve 25 °C'de depolanan US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin L^* değerlerinde depolama sürecinde 0. güne kıyasla önemli azalma belirlenmiştir ($p<0,05$).
12. Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin tümünün a^* değerlerinde kontrole kıyasla önemli düzeyde artış saptanmıştır ($p<0,05$). 28 gün depolama süresi boyunca da genel olarak a^* değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir.
13. Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin b^* değerlerinde kontrole kıyasla US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). PST ve US+40 °C örneklerinde önemli azalma belirlenmiştir ($p<0,05$). Tüm örnekler arasında en yüksek b^* değeri ise US örneğinde bulunmuştur. Depolama süresince genel olarak b^* değerlerinde azalma tespit edilmiştir.
14. Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin C^* değerlerinde kontrole göre sonikasyon uygulanmış örneklerde (US+40 °C hariç) artış meydana geldiği ve en yüksek C^* değeri US+60 °C ve US örneklerinde belirlenmiştir ($p<0,05$). 28 günlük depolama süreci sonrası genel olarak C^* değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.
15. Farklı uygulamalar ile işlenen portakal-havuç suyu örneklerinin hue açısı (α°) değerleri kontrole kıyasla US uygulaması hariç tüm örneklerde azalmıştır. Depolama süresince α° değerlerinde azalma meydana gelmiş ve bu azalmanın oda sıcaklığında daha fazla gerçekleştiği belirlenmiştir ($p<0,05$).
16. Portakal-havuç suyu karışımı örneklerinin kontrole göre toplam renk değişimi (ΔE) değerleri incelendiğinde; US ve US+40 °C örneklerinin renk değişimlerinin PST uygulaması ile işlenen örneklere kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir. 28 gün depolama süresi boyunca örneklerin renk değişiminde artış olduğu ve bu artışın oda sıcaklığında daha fazla gerçekleştiği belirlenmiştir ($p<0,05$).

17. Duyusal analiz değerlendirmesinde sonikasyon uygulamalarının renk, görünüş, koku, lezzet ve genel beğeni üzerinde olumlu etki oluşturduğu saptanmıştır. Genel beğeni açısından örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).
18. Sonikasyon uygulamaları ile önemli mikrobiyal inaktivasyon sağlanmış ve hem 4 °C hem de 25 °C’de 28 gün depolama sonrasında US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin tüketilebilir olduğu belirlenmiştir. Genel olarak depolama süresince PST örneğine kıyasla US+50 °C ve US+60 °C örneklerinin pH değerini, briks değerini ve toplam fenolik madde miktarı değerlerinin daha fazla korunduğu, askorbik asit değerlerinin ise daha az etkilendiği tespit edilmiştir.
19. Yapılan bu tez çalışması sonucunda portakal suyu ile yüksek pH değerine sahip havuç suyunun karıştırılarak güvenli pH aralığında üretilmesinin ve geleneksel pastörizasyon işlemine alternatif olarak ılımlı sıcaklık uygulaması ile (50 °C ve 60 °C) ile gerçekleştirilen TS uygulamaları ile 28 gün boyunca buzdolabı ve oda sıcaklığında hem yüksek besin değerine sahip hem de mikrobiyal olarak güvenli portakal-havuç suyu karışımı üretiminin mümkün olabileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., & Sun, D. W.** (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141 (3), 3201-3206.
- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M. M., Wu, T., Lei, S., Khan, K. A., Zeng, X.** (2014). Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 984 e990.
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T. A. O., Hashim, M. M., Hu, B., Saeeduddin, M., & Zeng, X.** (2015). Qualitative assessment of sonicated apple juice during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 1299-1308.
- Acar, J.** (1990). Meyve ve sebze suyu üretim teknolojisi. *Hacettepe Üniversitesi*, 9, 265.
- Acar, J. ve Gökmen, V.**, (2000). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt 1 – Meyve ve Sebze Suları Üretimi, *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara.
- Adekunte, A. O., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Scannell, A. G. M., & O'donnell, C. P.** (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122 (3), 500-507.
- Agudo, A.** (2004). Measuring intake of fruit and vegetables. Presentation 3.4. Joint FAO. In *WHO Workshop on Fruit and Vegetables for Health* (pp. 1-3).
- Agcam, E., Akyıldız, A., & Evrendilek, G. A.** (2014). Effects of PEF and heat pasteurization on PME activity in orange juice with regard to a new inactivation kinetic model. *Food chemistry*, 165, 70-76.
- AIJN**, (1996). Code of Practice for Evaluation of Fruit and Vegetable Juices, European Fruit Juice Association, Brussels.
- Alpözen, E.**, (2009). Balda Hidroksimetilfurfural Oluşumu. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, Sayı:1 24-25.
- Anaya-Esparza, L. M., Velázquez-Estrada, R. M., Roig, A. X., García-Galindo, H. S., Sayago-Ayerdi, S. G., & Montalvo-González, E.** (2017). Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 26-37.
- Arpaç, Ş.** (2006). *Elma suyu üretiminde uygulanan işlemlerin galakturonik asit içeriğine etkisi* (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Arscott, S. A., & Tanumihardjo, S. A.** (2010). Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9 (2), 223-239.

- Arzeni, C., Martínez, K., Zema, P., Arias, A., Pérez, O. E., & Pilosof, A. M. R.** (2012). Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Journal of Food Engineering*, 108 (3), 463-472.
- Ayhan, Z., Yeom, H. W., Zhang, Q. H., & Min, D. B.** (2001). Flavor, color, and vitamin C retention of pulsed electric field processed orange juice in different packaging materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (2), 669-674.
- Barrett, H. C., & Rhodes, A. M.** (1976). A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives. *Systematic Botany*, 105-136.
- Başlar, M.** (2011). Ultrases, fotosonikasyon ve vurgulu elektriksel alan işlemlerinin elma suyunun bazı kalite özelliklerine etkisi. Atatürk Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum*.
- Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cano, G. V.** (2012). Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in pineapple, grape and cranberry juices under pulsed and continuous thermo-sonication treatments. *Journal of Food Engineering*, 108, 383 e392.
- Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L., & Karim, A. A.** (2011). Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics sonochemistry*, 18 (6), 1295-1300.
- Borenstein, A. R., Dai, Q., Wu, Y., Jackson, J. C., Larson, E. B.** (2006) Consumption Of fruit and vegetable juices predicts a reduced risk of alzheimer's disease: The Kame Project. *The American Journal of Medicine* 119 (9):751-759
- Buglione, M., & Lozano, J.** (2002). Nonenzymatic browning and chemical changes during grape juice storage. *Journal of Food Science*, 67 (4), 1538-1543.
- Caminiti, I. M., Noci, F., Muñoz, A., Whyte, P., Morgan, D. J., Cronin, D. A., & Lyng, J. G.** (2011). Impact of selected combinations of non-thermal processing technologies on the quality of an apple and cranberry juice blend. *Food Chemistry*, 124 (4), 1387-1392.
- Caminiti, I. M., Palgan, I., Muñoz, A., Noci, F., Whyte, P., Morgan, D. J., Cronin, D. A. and Lyng, J. G.** (2012 a). The Effect of Ultraviolet Light on Microbial Inactivation and Quality Attributes of Apple Juice, *Food and Bioprocess Technology*, 5: 680–686.
- Cansino, N. C., Carrera, G. P., Rojas, Q. Z., Olivares, L. D., García, E. A., & Moreno, E. R.** (2013). Ultrasound processing on green cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice: physical, microbiological and antioxidant properties. *J Food Process Technol*, 4 (9).
- Charoux, C. M., Ojha, K. S., O'Donnell, C. P., Cardoni, A., & Tiwari, B. K.** (2017). Applications of airborne ultrasonic technology in the food industry. *Journal of Food Engineering*, 208, 28-36.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F.** (2001). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 25, Ankara.384 s. ISBN:975-93575-0-X

- Cemeroğlu, B., & Karedeniz, F.** (2004). *Meyve suyu üretim teknolojisi. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt I, Cemeroğlu, B* (Doctoral dissertation, ed).
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., & Özkan, M.** (2004). Meyve ve sebzelerin bileşimi. *Meyve ve sebze işleme teknolojisi, I*, 1-188.
- Cemeroğlu, B.** (2010). *Gıdalara Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri, Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 657 p.
- Chemat, F., Grondin, I., Sing, A. S. C., & Smadja, J.** (2004). Deterioration of edible oils during food processing by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry, 11* (1), 13-15.
- Chemat, F., & Khan, M. K.** (2011). Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics sonochemistry, 18* (4), 813-835.
- Chen, L., Bi, X., Guo, D., Xing, Y., & Che, Z.** (2019). The effect of high-power ultrasound on the quality of carrot juice. *Food science and technology international, 25* (5), 394-403.
- Chen, X., Zhag, M., Xu, B., Adhikari, B., & Sun, J.** (2015). The principles of ultrasound and its application in freezing related processes in the food industry: a review. *Ultrason Sonochem, 21*, 576-585.
- Cheng, L. H., Soh, C. Y., Liew, S. C., & Teh, F. F.** (2007). Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. *Food chemistry, 104* (4), 1396-1401.
- Choi, M. H., Kim, G. H., & Lee, H. S.** (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International, 35* (8), 753-759.
- Cruz-Cansino, N. D. S., Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J. E., Delgado-Olivares, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A.,... & Jaramillo-Bustos, D. P.** (2015). Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrasonics Sonochemistry, 27*, 277-286.
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, A., Tóth-Markus, M., and Lechner, N.** (2006). Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative food science and emerging technologies, 7* (1-2), 49-54.
- Costa, M. G. M., Fonteles, T. V., de Jesus, A. L. T., Almeida, F. D. L., de Miranda, M. R. A., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S.** (2013). High-intensity ultrasound processing of pineapple juice. *Food and Bioprocess Technology, 6* (4), 997-1006.
- Çolak, H., & Ulusoy, B.** (2005). Bitkisel orijinli gıdalarda bulunan bazı doğal antioksidan maddeler ve etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, (8)*.
- Davey, M. W., Montagu, M. V., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., ... & Fletcher, J.** (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function,

metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (7), 825-860.

- Deli, M. G. E. P., Kirit, B. D., Ağcam, E., Çinkır, N. İ., & Akyıldız, A.** (2022). Changes in cashew apple juice treated with optimum thermosonication during storage. *Food Chemistry Advances*, 100120.
- Deli, M. G. E. P., Kirit, B. D., Ağcam, E., & Akyıldız, A.** (2022). The effects of thermosonication on quality parameters of cashew apple nectar: An optimization study for processing conditions. *Applied Food Research*, 2 (2), 100217.
- Demir, H., & Kılınc, A.** (2018). Termosonikasyon uygulamasının bal kabağı suyunun biyoaktif bileşen ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 43 (5), 787-799.
- Demirtaş, C.** (2018). *Termosonikasyon uygulamasının elma suyunun kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisi.* (Doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dereli, U.** (2010). *Siyah havuç suyu üretimi ve depolanması sürecinde fenolik maddelerdeki değişimler ve bu değişimlerin antioksidan aktivite ile ilişkisi.* Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doyuran, S. D., & Gültekin, M.** (2002). Türkiye’de meyve suyu sektörü. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 13, 35-39.
- Dinçer, C.** (2014). Ultrases pastörizasyon ve membran konsantrasyon yöntemlerinin karadut (*Morus nigra* L.) suyu konsantresi üretiminde uygulanabilirliğinin araştırılması.
- Dinçer, C., & Topuz, A.** (2015). Inactivation of *Escherichia coli* and quality changes in black mulberry juice under pulsed sonication and continuous thermosonication treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 1744-1753.
- Dubrović, I., Herceg, Z., Režek Jambrak, A., Badanjak, M., & Dragović-Uzelac, V.** (2011). Effect of high intensity ultrasound and pasteurization on anthocyanin content in strawberry juice. *Food Technology and Biotechnology*, 49 (2), 196-204.
- Duran, H.** (2011). Yerli portakal çeşitlerinin meyve suyu teknolojisi bakımından önemli bazı özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 79 s.
- Dündar, B.** (2018). *Sürdürülebilir sağlıklı gıda üretiminde termosonikasyon uygulamasının bulanık çilek nektarının kalitesi üzerine etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Esteve, M. J., Frígola, A., Rodrigo, C., & Rodrigo, D.** (2005). Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices. *Food and Chemical Toxicology*, 43 (9), 1413-1422.
- Fonteles, T. V., Costa, M. G. M., de Jesus, A. L. T., de Miranda, M. R. A., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S.** (2012). Power ultrasound

- processing of cantaloupe melon juice: Effects on quality parameters. *Food Research International*, 48 (1), 41-48.
- Gardner, P. T., White, T. A., McPhail, D. B., & Duthie, G. G.** (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food chemistry*, 68 (4), 471-474.
- Gao, S., Hemar, Y., Lewis, G. D., & Ashokkumar, M.** (2014). Inactivation of *Enterobacter aerogenes* in reconstituted skim milk by high-and low-frequency ultrasound. *Ultrasonics sonochemistry*, 21 (6), 2099-2106.
- Guerrouj, K., Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R. M., & Marín-Iniesta, F.** (2016). Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 20-28.
- Gülcü, M.** (2008). *Durultma yardımcı maddelerinin üzüm suyu kalitesi üzerine etkileri* (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Güngören, C., Özkan, Ş. G., & Özdemir, O.** (2017). Ultrasonik İşlemlerin Flotasyonda Kullanımında Farklı Yaklaşımlar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (2), 727-735.
- Hart, D. J., & Scott, K. J.** (1995). Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54 (1), 101-111.
- He, J., & Giusti, M. M.** (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annu. Rev. Food Sci. Technol*, 1 (1), 163-187.
- Holland, B., McCance, R. A., Widdowson, E. M., Unwin, I. D., & Buss, D. H.** (1991). *Vegetables, herbs and spices: Fifth supplement to McCance and Widdowson's The Composition of Foods* (Vol. 5). Royal Society of Chemistry.
- Hybertson, B. M., Gao, B., Bose, S. K., & McCord, J. M.** (2011). Oxidative stress in health and disease: the therapeutic potential of Nrf2 activation. *Molecular aspects of medicine*, 32 (4-6), 234-246.
- Illera, A. E., Sanz, M. T., Benito-Román, O., Varona, S., Beltrán, S., Melgosa, R., & Solaesa, A. G.** (2018). Effect of thermosonication batch treatment on enzyme inactivation kinetics and other quality parameters of cloudy apple juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 71-80.
- Işık, Ö.** (2008). Pastörizasyon sıcaklığının kozan yerlisi ve hamlin portakallarından üretilen meyve sularının kalitesi üzerine etkisi. *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, 131 s.
- İzli, G.** (2017). Total phenolics, antioxidant capacity, colour and drying characteristics of date fruit dried with different methods. *Food Sci. Technol, Campinas*, 37 (1): 139-147.
- Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Wu, T., Hashim, M. M., Lei, S.,... & Zeng, X.** (2014). Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 55 (1), 16-21.

- Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Hashim, M. M., Lei, S., Wu, T., ve diğ.** (2015). Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7002 e7013.
- Jensen, N.** (2000). Alicyclobacillus in Australia [Paper based on a presentation at the 10 th World Congress of Food Science and Technology (1999: Sydney)]. *Food Australia*, 52 (7), 282-285.
- Karaaslan, S., & Erdem, T.** (2014). Mathematical Modelling of Orange Slices during Microwave, Convection, Combined Microwave and Convection Drying. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (2), 143-149.
- Karadeniz, F., & Ekşi, A.** (2001). Elma suyunda fenolik madde dağılımı üzerine araştırma. *Journal of Agricultural Sciences*, 7 (03), 135-141.
- Karadeniz, F. ve Erge, HS.** (2011). Gıdalardaki karotenoidlerin önemi ve dağılımı. *Gıda Mühendisleri Dergisi*, 33.
- Karagöz, Ş., & Demirdöven, A.** (2016). Termosonikasyon ve geleneksel ısıtma uygulamalarının havuç suyuna etkileri: pektin metilesteraz inaktivasyonu ve fizikokimyasal özellikler. *Gıda*, 41 (5), 345-350.
- Khandpur, P., & Gogate, P. R.** (2015). Effect of novel ultrasound based processing on the nutrition quality of different fruit and vegetable juices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 125-136.
- Kiang, W. S., Bhat, R., Rosma, A., & Cheng, L. H.** (2013). Effects of thermosonication on the fate of Escherichia coli O157: H7 and Salmonella Enteritidis in mango juice. *Letters in applied microbiology*, 56 (4), 251-257.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D. U.** (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15 (5), 261-266.
- Köksal, İ.** (1992). Meyve Suyu Endüstrisinde Kalite Kontrolü İçin Yapılan Analizler. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, ANKARA*.
- Kökyar, N.** (2012). *Portakal Suyu Endüstrisi Atıklarından Fenolik Bileşiklerin Derişiklendirilmesi*. Yüksek lisans tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 105 s.
- Lee, H. S., Castle, W. S., & Coates, G. A.** (2001). High-performance liquid chromatography for the characterization of carotenoids in the new sweet orange (Earlygold) grown in Florida, USA. *Journal of Chromatography A*, 913 (1-2), 371-377.
- Lee, D. U., Heinz, V. & Knorr, D.** (2003). Effects of combination treatments of nisin and high-intensity ultrasound with high pressure on the microbial inactivation in liquid whole egg. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4, 387-393.
- Lee, H., Zhou, B., Feng, H., & Martin, S. E.** (2009). Effect of pH on inactivation of Escherichia coli K12 by sonication, manosonication, thermosonication, and manothermosonication. *Journal of food science*, 74 (4), E191-E198.

- Liao, H., Zhu, W., Zhong, K., & Liu, Y.** (2020). Evaluation of colour stability of clear red pitaya juice treated by thermosonication. *Lwt*, *121*, 108997.
- Li, J., Cheng, H., Liao, X., Liu, D., Xiang, Q., Wang, J.,... & Ding, T.** (2019). Inactivation of *Bacillus subtilis* and quality assurance in Chinese bayberry (*Myrica rubra*) juice with ultrasound and mild heat. *Lwt*, *108*, 113-119.
- Martínez-Flores, H. E., Garnica-Romo, M. G., Bermúdez-Aguirre, D., Pokhrel, P. R., & Barbosa-Cánovas, G. V.** (2015). Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermosonicated carrot juice during storage. *Food chemistry*, *172*, 650-656.
- Mason, T., Riera, E., Vercet, A., Lopez-Buesa, P.** (2005). Applications of ultrasound, (Editör: Sun, D.-W.), *Emerging Technologies for Food Processing*, first edition. *Elsevier Academic Press*, London, 323–351.
- McClements, D. J.** (1995). Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science & Technology*, *6* (9), 293-299.
- McGuire, R. G.** (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, *27* (12), 1254-1255.
- Meléndez-Martínez, A. J., Britton, G., Vicario, I. M., & Heredia, F. J.** (2005). Color and carotenoid profile of Spanish Valencia late ultrafrozen orange juices. *Food Research International*, *38* (8-9), 931-936.
- Mirrazavi, F.** (2011). New science and technology achievements.
- Mohideen, F. W., Solval, K. M., Li, J., Zhang, J., Chouljenko, A., Chotiko, A.,... & Sathivel, S.** (2015). Effect of continuous ultra-sonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. *LWT-Food Science and Technology*, *60* (1), 563-570.
- Morales, F. J., & Jiménez-Pérez, S.** (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food chemistry*, *72* (1), 119-125.
- Muñoz, A., Caminiti, I. M., Palgan, I., Pataro, G., Noci, F., Morgan, D. J.,... & Lyng, J. G.** (2012). Effects on *Escherichia coli* inactivation and quality attributes in apple juice treated by combinations of pulsed light and thermosonication. *Food Research International*, *45* (1), 299-305.
- Chidambara Murthy, K. N., Jayaprakasha, G. K., & Singh, R. P.** (2002). Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using in vivo models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50* (17), 4791-4795.
- Nadeem, M., Ubaid, N., Qureshi, T. M., Munir, M., & Mehmood, A.** (2018). Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, *45*, 1-6.
- Nayak, P. K., Chandrasekar, C. M., & Kesavan, R. K.** (2018). Effect of thermosonication on the quality attributes of star fruit juice. *Journal of food process engineering*, *41* (7), e12857.

- Nwachukwu, E., & Ezeigbo, C. G.** (2013). Changes in the microbial population of pasteurized soursop juice treated with benzoate and lime during storage. *African Journal of Microbiology Research*, 7 (31), 3992-3995.
- Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O.** (2008). Changes of health-related compounds throughout cold storage of tomato juice stabilized by thermal or high intensity pulsed electric field treatments. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9 (3), 272-279.
- Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J., & Arias-Jaramillo, M. E.** (2017). Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice. *Food chemistry*, 233, 96-100.
- Öktem, B.** (1980). Ülkemizde meyve suyu sanayinin durumu ve ihracat imkanlarının araştırılması. İhracatı Geliştirme Merkezi, Ankara, s. 1-2.
- Özhan, N.** (2000). *Şalgam suyunda Escherichia coli'nin yaşama süresinin bulunması*. (Yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Öztürk, H. S., Cimen, M. Y., Çimen, Ö. B., Kacmaz, M., & Durak, I.** (1999). Oxidant/antioxidant status of plasma samples from patients with rheumatoid arthritis. *Rheumatology International*, 19 (1), 35-37.
- Pala, Ç. U. & Toklucu, A. K.** (2013). Microbial, physicochemical and sensory properties of UV-C processed orange juice and its microbial stability during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 50 (2), 426-431.
- Pétrier, C., Combet, E., & Mason, T.** (2007). Oxygen-induced concurrent ultrasonic degradation of volatile and non-volatile aromatic compounds. *Ultrasonics sonochemistry*, 14 (2), 117-121.
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A. S., & Chemat, F.** (2013). Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. *Food control*, 31 (2), 593-606.
- Piyasena, P., Mohareb, E., & McKellar, R. C.** (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International journal of food microbiology*, 87 (3), 207-216.
- Qureshi, T. M., Nadeem, M., Maken, F., Tayyaba, A., Majeed, H., & Munir, M.** (2020). Influence of ultrasound on the functional characteristics of indigenous varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *Ultrasonics Sonochemistry*, 64, 104987.
- Rahman S. M.** (2007). *Handbook of Food Preservation*. (2 nd ed.). CRC Press. London, pp. 713-739.
- Rawson, A., Tiwari, B. K., Patras, A., Brunton, N., Brennan, C., Cullen, P. J., & O'donnell, C.** (2011). Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. *Food Research International*, 44 (5), 1168-1173.
- Rein, M. J., & Heinonen, M.** (2004). Stability and enhancement of berry juice color. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52 (10), 3106-3114.

- Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., & Rodrigo, M.** (2006). Effect of PEF and heat pasteurization on the physical–chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT-Food Science and Technology*, 39 (10), 1163-1170.
- Rodriguez-Amaya, D. B.** (1999). A guide to carotenoid analysis in foods. Washington, DC: Intl. Life Sciences Inst.(ILSI) Press.
- Rojas, M. L., Leite, T. S., Cristianini, M., Alvim, I. D., & Augusto, P. E.** (2016). Peach juice processed by the ultrasound technology: Changes in its microstructure improve its physical properties and stability. *Food Research International*, 82, 22-33.
- Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Awad, F. N.,... & Zeng, X.** (2015). Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 64 (1), 452-458.
- Sala, F. J., Burgos, J., Condon, S., Lopez, P., & Raso, J.** (1995). Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In *New methods of food preservation* (pp. 176-204). Springer, Boston, MA.
- Salleh-Mack, S. Z., & Roberts, J. S.** (2007). Ultrasound pasteurization: the effects of temperature, soluble solids, organic acids and pH on the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 25922. *Ultrasonics sonochemistry*, 14 (3), 323-329.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., & Somasundram, C.** (2013). Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 20 (5), 1276-1282.
- Sayın, L., & Tamer, C. E.** (2014). Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 83-93.
- Seydim, A. C.** (1993). *Karton (tetrabrik) ambalajlı vişne suyu ve şeftali nektarında raf ömrü üzerine araştırma*. (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Shahidi, F., & Naczk, M.** (1995). Food phenolics: sources, chemistry, effects, applications. *Technomic Publishing Company*, Lanchester, USA.
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., & Attri, S.** (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of food science and technology*, 49 (1), 22-32.
- Sulaiman, A., Farid, M., & Silva, F. V.** (2017). Quality stability and sensory attributes of apple juice processed by thermosonication, pulsed electric field and thermal processing. *Food Science and Technology International*, 23 (3), 265-276.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X., & Liu, R. H.** (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50 (25), 7449-7454.

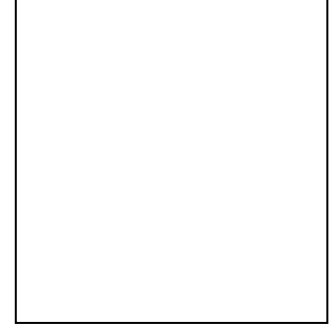
- Tangüler, H.** (2010). Şalgam suyu üretiminde etkili olan laktik asit bakterilerinin belirlenmesi ve şalgam suyu üretim tekniğinin geliştirilmesi. Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- T. C. Ekonomi Bakanlığı.** Yaş Meyve ve Sebze Sektörü Raporu. Erişim :31 Ekim 2022,
<https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-235628>.
- Telatar, K. Y.** (1985). Elma Suyu ve Konsantrelerinde Hidroksimetilfurfural (HMF), I. Farklı Elma Çeşitlerinin Elma Suyu ve Konsantresine İşlenmesi Süresinde HMF Oluşumu. *Gıda*, 10 (4).
- Tetra-Pak** (2004). *The Orange Book*. (U. Ringblom, Ed.). Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.
- Tetra-Pak** (2020). Orange Book. Retrieved 29 June 2020, from <https://orangebook.tetrapak.com/>
- Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., & Cullen, P. J.** (2009). Effect of sonication on orange juice quality parameters during storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 44 (3), 586-595.
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P., & Cullen, P. J.** (2009 a). Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10, 166 e171.
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M. D. R., & Ponce, A.** (2017). Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. *Journal of Food Process Engineering*, 40 (5), e12533.
- Tomadoni, B., Moreira, M. D. R., Espinosa, J. P., & Ponce, A.** (2017). Individual and combined effects of pomegranate extract and ultrasonic treatments on kiwifruit juice quality parameters. *Journal of food process engineering*, 40 (1), e12339.
- Türk Gıda Kodeksi** (2014). Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği. *Resmi Gazete*, 29080 (1).
- Ulusoy, K., & Karakaya, M.** (2011). Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *Gıda*, 36 (2), 113-120.
- Umeno, D., & Arnold, F. H.** (2003). A C35 carotenoid biosynthetic pathway. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (6), 3573-3579.
- Vercet, A., Burgos, J., Crelier, S., & Lopez-Buesa, P.** (2001). Inactivation of proteases and lipases by ultrasound. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2 (2), 139-150.
- Villamiel, M., & de Jong, P.** (2000). Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (2), 472-478.
- Von Elbe, J. H., & Schwartz, S. J.** (1996). Colorants in "Food Chemistry", 10: 651–722.

- Yağcılar, Ç.** (2012). Bitkisel kaynaklı karotenoidlerin (kırmızıbiber, ham hurma yağı, havuç) japon balığının pigmentasyonu ve büyümesi üzerine etkileri. Doktora tezi. Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Yüksel, F.** (2013). Gıda teknolojisinde ultrases uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (2), 29-38.
- Wang, L. F., Kim, D. M., & Lee, C. Y.** (2000). Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48 (9), 4227-4232.
- Wang, J., Hu, X., & Wang, Z.** (2010). Kinetics models for the inactivation of *Alicyclobacillus acidiphilus* DSM14558T and *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM 3922T in apple juice by ultrasound. *International journal of food microbiology*, 139 (3), 177-181.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Santiago, J. S., Tomic, J., Vervoort, L., Hendrickx, M., & Van Loey, A.** (2015). Quality changes of pasteurised orange juice during storage: A kinetic study of specific parameters and their relation to colour instability. *Food Chemistry*, 187, 140-151.
- Wordon, B. A., Mortimer, B., & McMaster, L. D.** (2012). Comparative real-time analysis of *Saccharomyces cerevisiae* cell viability, injury and death induced by ultrasound (20 kHz) and heat for the application of hurdle technology. *Food Research International*, 47 (2), 134-139.
- Zafra-Rojas, Q. Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J., & Alanís-García, E.** (2013). Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficUS+indica*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (5), 1283-1288.
- Zhang, Z., Sun, D. W., Zhu, Z., & Cheng, L.** (2015). Enhancement of crystallization processes by power ultrasound: current state-of-the-art and research advances. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14 (4), 303-316.
- Zhao, C., Giusti, M. M., Malik, M., Moyer, M. P., & Magnuson, B. A.** (2004). Effects of commercial anthocyanin-rich extracts on colonic cancer and nontumorigenic colonic cell growth. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 52 (20), 6122-6128.
- Zhu, W., Ai, Y., Fang, F., & Liao, H.** (2021). Application of thermosonication in red pitaya juice processing: impacts on native microbiota and quality properties during storage. *Foods*, 10 (5), 1041.
- Zia, S., Khan, M. R., Zeng, X. A., Shabbir, M. A., & Aadil, R. M.** (2019). Combined effect of microwave and ultrasonication treatments on the quality and stability of sugarcane juice during cold storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 54 (8), 2563-2569.
- Zinoviadou, K. G., Galanakis, C. M., Brnčić, M., Grimi, N., Boussetta, N., Mota, M. J.,... & Barba, F. J.** (2015). Fruit juice sonication: Implications on food safety and physicochemical and nutritional properties. *Food Research International*, 77, 743-75.

Zou, Y., & Jiang, A. (2016). Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology*, 36, 111-115.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Esra TAŞIN

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje No: 210Y019), 2021-2023.** Ultrason Uygulamalarının Portakal-Havuç Suyu Karışımının Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. **Araştırmacı**