

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**MİKRODALGA VE ULTRASES-DESTEKLİ MİKRODALGA
PASTÖRİZASYON YÖNTEMLERİNİN KORUK SUYUNUN
KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

SENA ANAKIZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MF-19010 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN – 2022

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden itibaren titizlikle çalışmayı bana aşıl原因, sabrı, ilgisi ve tecrübesiyle her zaman yardımcı olan çok değerli hocam Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli vakitlerini ayırarak yüksek lisans tez savunma sınavıma katılan ve tezimi değerlendiren Sayın Prof. Dr. Hilal Şahin NADEEM ve Dr. Öğr. Üyesi V. Hazal ÖZYURT'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın başından beri benimle zorlu koşullarda çalışan Esra GENÇDAĞ'a ve bu süreçte çokça yardımcı olan Arş. Gör. Ahmet GÖRGÜÇ'e teşekkürlerimi sunarım. Analizlerim boyunca yardımcı olan Kardelen DEMİRCİ ve Beyzanur BAYRAKTAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Koruk örneklerinin teminini sağlayan ve çalışmama katkılarda bulunan Sayın Ali Rıza YAĞCI'ya teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışmada sağladıkları maddi desteklerden dolayı Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje no: MF-19010)'ne teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca bana destek olan Ezgi YILMAZ ve Seçil TECİMEN'e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmama destek olan Mehmet AKTAŞ'a teşekkürü borç bilirim.

Bu dünyadaki en büyük şansım olan biricik annem Aytekin ANAKIZ, kardeşim Fatma Nur ANAKIZ ve babam Tekin ANAKIZ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Sena ANAKIZ
Gıda Mühendisi

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
EKLER DİZİNİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Koruk ve Koruk Suyunun Gıda Endüstrisi Açısından Önemi ve Kullanım Alanları	4
2.2. Meyve Suyunda Mikrobiyal İnaktivasyon	6
2.3. Meyve Suyunda Enzimlerin İnaktivasyonu	9
2.4. Isıl İşlemler	11
2.4.1. Pastörizasyon İşlemi	11
2.4.2. Pastörizasyon Yöntemleri	13
2.4.2.1. Konvansiyonel Pastörizasyon	13
2.4.2.2. Mikrodalga Pastörizasyon	13
2.4.2.3. Ultrases-Destekli Mikrodalga Pastörizasyon	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Materyal	22

3.2. Kullanılan Kimyasallar	23
3.3. Yöntem.....	23
3.3.1 Isıl İşlem Uygulamaları.....	23
3.3.2 Pastörizasyon Yöntemleri	24
3.3.2.1. Konvansiyonel Pastörizasyon	24
3.3.2.2. Mikrodalga Pastörizasyon.....	25
3.3.2.3. Ultrases Destekli Mikrodalga Pastörizasyon	26
3.4. Analizler	27
3.4.1. Koruk Suyunda pH Analizi	27
3.4.2. Koruk Suyunda Toplam Asitlik Tayini.....	27
3.4.3. Koruk Suyunda Suda Çözünebilir Kuru Madde (ÇKM) Tayini.....	28
3.4.4. Koruk Suyunda Viskozite Ölçümü.....	28
3.4.5. Koruk Suyunda Renk Değerleri Ölçümü	28
3.4.6. Koruk Suyunda Bulanıklık Analizi	29
3.4.7. Koruk Suyunda Esmerleşme İndeksinin Belirlenmesi	29
3.4.8. Koruk Suyunda Fenolik Madde Tayini.....	29
3.4.9. Koruk Suyunda Toplam Flavonoid Madde Analizi	30
3.4.10. Koruk Suyunda DPPH ve ABTS Antioksidan Kapasite Analizleri	30
3.4.10.1. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Tayini	30
3.4.10.2. ABTS Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Tayini	30
3.4.11. Koruk Suyunda Pektin Metilesteraz (PME) Aktivitesi Analizi.....	31
3.4.12. Koruk Suyunda Mikrobiyolojik Analizler	32
3.4.12.1. Toplam Canlı Analizi	33
3.4.12.2. Toplam Küf/Maya Analizi.....	33
3.4.13. İstatistik Analizler	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35

4.1. Pastörizasyon İşlemlerinin Koruk Suyunun Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Biyoaktif Özellikleri Üzerine Etkileri	35
4.2. Koruk Suyunda pH, Toplam Asitlik ve Briks Değeri	35
4.3. Koruk Suyunda Viskozite Değeri	41
4.4. Koruk Suyunda Toplam Renk Farkı Değeri	44
4.5. Koruk Suyunda Pektin Metilesteraz (PME) Aktivitesi	46
4.6. Koruk Suyunda Bulanıklık Değeri	49
4.7. Koruk Suyunda Esmerleşme İndeksi	52
4.8. Koruk Suyunda Toplam Canlı ve Toplam Küf/Maya Sayısı	54
4.9. Koruk Suyunda Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Miktarı	58
4.10. Koruk Suyunda DPPH ve ABTS Antioksidan Kapasitesi	61
4.11. Pearson Korelasyon Testi	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	70
BİLİMSEL ETİK BEYANI	93
EKLER	94
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°Bx: Briks

ANOVA: Varyans analizi

DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

EMS: En muhtemel sayı

FAO: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

FCC: Federal İletişim Kurulu

GAE: Gallik asit eşdeğeri

GHz: Gigahertz

K: Konvansiyonel pastörizasyon

KE: Kateşin eşdeğeri

kHz: Kilohertz

KOB: Koloni oluşturan birim

kW: Kilowatt

M: Molarite

MD: Mikrodalga pastörizasyon

MHz: Megahertz

PEF: Vurgulu elektrik alan

PME: Pektin metilesteraz

PG: Poligakturanoz

POD: Peroksidaz

PPO: Polifenol oksidaz

TGK: Türk Gıda Kodeksi

US: Ultrases

US + MD: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon

W: Watt

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Pektinin moleküler yapısı	10
Şekil 2.2. Pektin metilesteraz (PME)	11
Şekil 3.1. Koruk meyvesinin genel görünümü.....	22
Şekil 3.2. Pastörizasyon aşaması için koruk örneklerinin hazırlanması	22
Şekil 3.3. Koruk suyuna uygulanan pastörizasyon yöntemlerine ait genel akış diyagramı	24
Şekil 3.4. Konvansiyonel pastörizasyon	25
Şekil 3.5. Mikrodalga ünitesinde pastörizasyon işlemi	26
Şekil 3.6. Pektin metilesteraz aktivitesinin belirlenmesi	32
Şekil 3.7. Mikrobiyoloji analiz süreçleri	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Mikrodalga ısıtmanın meyve suyu endüstrisinde kullanımını ve kalite üzerine çeşitli etkilerini ele alan literatür çalışmaları	15
Çizelge 2.2. Ultrases işleminin meyve suyu endüstrisinde kullanımını ve kalite üzerine çeşitli etkilerini ele alan literatür çalışmaları	21
Çizelge 3.1. Konvansiyonel pastörizasyona ait sıcaklık ve süre normları	25
Çizelge 3.2. Mikrodalga ısıtma işlemine ait sıcaklık ve süre normları	25
Çizelge 3.3. Ultrases-destekli mikrodalga ısıtma işlemine ait sıcaklık ve süre normları	26
Çizelge 4.1. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun pH değeri üzerine etkileri	37
Çizelge 4.2. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun briks değeri üzerine etkileri	39
Çizelge 4.3. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam titre edilebilir asitlik (g TAE/100 g) değeri üzerine etkileri	40
Çizelge 4.4. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun viskozite değeri (mPa.s) üzerine etkileri	43
Çizelge 4.5. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam renk farkı değeri (ΔE) üzerine etkileri	45
Çizelge 4.6. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun pektin metilesteraz kalıntı aktivitesi (%) değeri üzerine etkileri	48
Çizelge 4.7. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun bulanıklık değeri üzerine etkileri	51
Çizelge 4.8. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun esmerleşme indeksi üzerine etkileri	53
Çizelge 4.9. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam canlı sayısı (log KOB/g) üzerine etkileri	55
Çizelge 4.10. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam küf/maya sayısı (log KOB/g) üzerine etkileri	56
Çizelge 4.11. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g) üzerine etkileri	58

Çizelge 4.12. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam flavonoid içeriği (mg KE/100 g) üzerine etkileri	60
Çizelge 4.13. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun DPPH antioksidan kapasitesi ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$) üzerine etkileri	62
Çizelge 4.14. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun ABTS antioksidan kapasitesi ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$) üzerine etkileri	63
Çizelge 4.15. Isıl işlem görmüş koruk suyu örneklerinde uygulanan kalite parametreleri arasındaki Pearson korelasyon sonuçları.....	66



EKLER DİZİNİ

EK 3.1. Toplam fenolik madde miktarı analizi için gallik asit standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi	94
EK 3.2. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) değeri için troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğri	94
EK 3.3. Toplam flavonoid miktarı analizi için kateşin standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi	95



ÖZET

MİKRODALGA VE ULTRASES-DESTEKLİ MİKRODALGA PASTÖRİZASYON YÖNTEMLERİNİN KORUK SUYUNUN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Anakız S. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2022.

Amaç: Bu tez çalışmasının amacı farklı teknikler (konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases-destekli mikrodalga) ile pastörize edilmiş koruk sularının fizikokimyasal, biyoaktif ve mikrobiyal kalite özellikleri üzerine depolama süresinin (+4 °C’de 60 gün) etkisinin incelenmesidir.

Materyal ve Yöntem: Taze sıkılmış koruk suyu örneklerine konvansiyonel, mikrodalga (500 W) ve ultrases destekli (35 kHz; 1000 W) mikrodalga pastörizasyon yöntemleri 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda uygulanmıştır. Ardından örnekler, +4 °C’de 60 gün boyunca depolanmıştır. İşlenmiş koruk suyu örnekleri depolama süresince 15 günde bir fizikokimyasal (pH, toplam asitlik, briks, viskozite, renk farkı, enzim aktivitesi, bulanıklık değeri, esmerleşme indeksi, toplam fenolik ve flavonoid madde ile antioksidan kapasite) ve mikrobiyal (toplam canlı ve küf/maya) analizlere tabi tutulmuştur.

Bulgular: Pastörizasyon işlem süreleri pektin metilesteraz enzim aktivitesi dikkate alınarak belirlenmiş ve en düşük işlem süreleri ultrases-destekli mikrodalga tekniğinde belirlenmiştir. Tüm pastörizasyon yöntemlerinin koruk suyunun pH değerinde taze örneğe kıyasla artışa neden olduğu; ancak mikrodalga pastörizasyon işleminin pH değeri üzerindeki etkisinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Koruk suyunun briks ve toplam asitlik değerlerinin pastörizasyon işlemlerinden sonra azaldığı tespit edilmiştir. Konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon işlemine tabi tutulmuş numuneler ile kıyaslandığında, ultrases ön işleminin koruk suyunun viskozite değerini daha da artırıcı bir etki gösterdiği, bulanıklık indeksinde ise en düşük değer sağladığı belirlenmiştir. Pastörizasyon sıcaklığı ve depolama süresindeki artış ile koruk suyunun toplam renk farkı değerlerinde artış gözlenmiştir. Esmerleşme indeksi dikkate alındığında en etkili yöntemin ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince tüm işlenmiş koruk suyu örneklerinde enzim aktivite değerinin arttığı;

ancak ultrases ön işlemine tabi tutulan örneklerde PME rejenerasyonunun en düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yüksek işlem sıcaklığı ve artan depolama süresi ile numunelerin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinde azalma gözlenmiştir ($P<0,05$). Taze koruk suyu ile kıyaslandığında, tüm ısıl işlem uygulamaları ve artan işlem sıcaklığının koruk suyunun antioksidan kapasite değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Antioksidan kapasitenin en iyi korunduğu teknik olarak ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemi ön plana çıkmıştır. Isıl işlemlerin sonucunda toplam canlı ve küf/maya sayısında önemli azalmalar sağlandığı tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda en düşük mikrobiyal yük değerleri ultrases-destekli mikrodalga yöntemi ile elde edilmiştir. Taze ve işlenmiş koruk suyu örneklerinde uygulanan analizlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin saptanmasında Pearson korelasyon testi uygulanmış ve pektin metilesteraz enzim aktivitesi ile briks ($r = 0,823$), toplam asitlik ($r = 0,474$), toplam renk farkı ($r = 0,780$), viskozite ($r = 0,527$), bulanıklık ($r = -0,535$), toplam canlı sayısı ($r = 0,447$), toplam küf maya sayısı ($r = 0,661$), toplam fenolik ($r = -0,454$), toplam flavonoid ($r = -0,505$), DPPH antioksidan kapasite ($r = -0,675$) ve ABTS antioksidan kapasite ($r = -0,539$) arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki bulunmuştur.

Sonuç: Konvansiyonel pastörizasyon yöntemlerine alternatif olarak ultrases ve mikrodalga tekniklerinin koruk suyunun işlenmesinde kullanılabileceği ve böylece tüketici sağlığı açısından kalite özellikleri iyileştirilmiş son ürünlerin elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle ultrases ön işleminin koruk suyunda düşük toplam renk farkı, depolama süresince düşük PME aktivitesi, arzu edilen düşük bulanıklık değeri ve esmerleşme indeksi değerleri ile işlenmiş koruk suyunun kalite özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Koruk suyu, Pastörizasyon, Mikrodalga, Ultrases, Pektin metilesteraz, Depolama, Mikrobiyolojik kalite, Meyve suyu.

ABSTRACT

THE EFFECT OF MICROWAVE AND ULTRASOUND-ASSISTED MICROWAVE PASTEURIZATION METHODS ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF VERJUICE

Anakız S. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Food Engineering, Master Thesis, Aydın, 2022.

Objective: The objective of this thesis study is to investigate the effect of different heating techniques (conventional, microwave and ultrasound-assisted microwave) on the physicochemical, bioactive and microbial quality properties of pasteurized verjuice during storage (+4 °C for 60 days).

Material and Method: Conventional, microwave (500 W) and ultrasound assisted (35 kHz; 1000 W) microwave pasteurization methods were applied to freshly squeezed verjuice samples at temperatures of 60, 70 and 80 °C. Then, samples were stored at +4 °C for 60 days. Physicochemical (pH, total acidity, brix, viscosity, color difference, enzyme activity, turbidity value, browning index, total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity) and microbiological analyzes (total plate count and mold/yeast) were performed on processed verjuice samples at each 15 days of storage period.

Results: Processing times were determined by considering pectin methylesterase enzyme activity, and the lowest processing times were determined in ultrasound-assisted microwave treatment. All pasteurization methods resulted an increase in pH values of verjuice compared to the fresh sample, but the effect of microwave pasteurization on pH value was not found statistically significant. It was determined that the brix and total acidity values of verjuice decreased after pasteurization processes. Compared to samples subjected to conventional and microwave pasteurization processes, ultrasound pretreatment had a further increasing effect on the viscosity value of verjuice and provided the lowest value in the turbidity index. An increase in the total color difference values was observed with the increase in pasteurization temperature and storage time. Considering the browning index, the most effective method was determined as the ultrasound assisted microwave pasteurization. It was determined that the enzyme activity

value increased in all processed verjuice samples during storage, but PME regeneration was found to be the least in the ultrasound pre-treated samples.

The total phenolic and flavonoid contents of the samples decreased with high processing temperature and prolonged storage time ($P < 0.05$). Compared with fresh verjuice, all heat treatments and increasing processing temperature led to decrease in antioxidant capacity values of verjuice samples. Ultrasound assisted microwave pasteurization provided highest retention of antioxidant capacity values. After heat treatments, there were significant reductions in the total plate count and mold/yeast count. In the end of the storage period, the lowest microbial loads were obtained by ultrasound-assisted microwave method. Pearson correlation test was used to determine the relationships among the analyzes applied in fresh and processed verjuice samples, and statistically significant correlations were evidenced between pectin methylesterase enzyme activity and brix ($r = 0.823$), total acidity ($r = 0.474$), total color difference ($r = 0.780$), viscosity ($r = 0.527$), turbidity ($r = -0.535$), total plate count ($r = 0.447$), total mold/yeast ($r = 0.661$), total phenolic ($r = -0.454$), total flavonoid ($r = -0.505$), DPPH antioxidant capacity ($r = -0.675$) and ABTS antioxidant capacity ($r = -0.539$).

Conclusion: Ultrasound and microwave techniques can be used as an alternative to the conventional pasteurization methods in the processing of verjuice, and thus final products with improved quality properties can be obtained considering consumer health. Especially, ultrasound pre-treatment improved the quality properties of verjuice, with lower total color difference, lower PME activity during storage, desired turbidity and browning index values.

Keywords: Verjuice, Pasteurization, Microwave, Ultrasound, Pectin methylesterase, Storage, Microbiological quality, Fruit juice.

1. GİRİŞ

Üzüm, *Vitacea* ailesinin bir üyesidir ve dutgiller (*Moraceae*) sınıfında yer almaktadır. Dünya üzerinde en çok üretilen meyvelerden biri olan üzüm, genellikle belirli bölgelerde daha fazla üretimi yapılmasına karşın, uygun koşullar sağlandığında farklı iklim koşullarında yetiştirilebilmektedir (Cantu ve Walker, 2019). Tüketici tercihinine bağlı olarak taze veya kuru olarak tüketilebilen üzüm, aynı zamanda şarap, reçel ve meyve suyu gibi endüstriyel ürünlere de işlenebilmektedir (Topalović vd., 2020). Üzümün birçok farklı türü olmasına rağmen en yaygın olan tür olarak *Vitis vinifera* ön plana çıkmaktadır (Reisch vd., 2012; Kanellis ve Angelakis, 1993).

Türkçe’de ‘koruk’ olarak adlandırılan olgunlaşmamış üzüm; Fransızca’da ‘vertjus’ ya da ‘verjus’, İngilizce’de ‘verjons’ ya da ‘verjuice’, İspanyolca ve Almanca’da ‘agraz’ ve Farsça’da ‘abe-ghureh’ olarak adlandırılmaktadır (Öncül ve Karabiyikli, 2015). M.Ö. 370 ile 460 yılları arasında Antik Yunan’a dayanan uzun ve köklü bir geçmişe sahip koruğun, Akdeniz ülkeleri ve İran kültüründe önemli bir yeri bulunmaktadır (Kaya vd., 2020; Nikfardjam ve Weinsberg, 2017). Aynı zamanda, olgunlaşmamış üzüm, yüksek kaliteli şarap veya sofralık üzümlerin üretimi için üzümlerin boyut ve bileşimini iyileştirmek amacıyla yapılan yeşil budama uygulaması (inceltme işlemi olarak da bilinir) sonucunda elde edilen bir atık üründür. Önceleri tarlalarda çürümeye bırakılan olgunlaşmamış üzümlerin, hammaddelerin verimli kullanılması, atıkların azaltılması ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla çeşitli gıdalara işlenerek değerlendirildiği rapor edilmiştir (Fia vd., 2022).

Koruk yüksek oranda şeker, fenolik bileşikler, organik asitler, polisakkaritler, nişasta, azotlu bileşikler ve bazı kanyonlar gibi pek çok biyoaktif bileşiği içermektedir (Gutiérrez-Gamboa vd., 2021). Koruk suyu, olgunlaşmamış üzümlerin mekanik olarak preslenmesiyle elde edilen, fermente edilmemiş ve kendine has ekşimsi ve buruk tadı olan bir üzüm suyu çeşididir (Çevik, 2021; Hayoglu vd., 2009). Olgunlaşmamış üzüm suları temel olarak yüksek organik asit içeriği ve antioksidan kapasitesi, düşük şeker konsantrasyonu ve ekşimsi tat ile flavonoidler, fenolik asitler ve stilbenler gibi fenolik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarda bulunması ile karakterize edilmektedir (Gutiérrez-Gamboa vd., 2021). Koruk suyu, içerdiği yüksek miktardaki fenolik bileşikler ile kalp hastalıkları ve kanser gibi hastalıkların oluşmasını önlediği gibi antioksidan, antienflamatuar ve antimikrobiyal etkileri ile çeşitli fonksiyonel özellikler sergilemektedir (El-kaderi vd., 2020; Öncül ve Karabiyikli, 2015).

Koruk suyu, asidik doğası sebebiyle de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella typhimurium* gibi çeşitli gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyal özellik göstermektedir (El-kaderi vd., 2020). Ayrıca, antioksidan özellikleri nedeniyle meyvelerin enzimatik esmerleşmesini inhibe etme, gıda preparatlarını asitlendirme ve lipid oksidasyonunu engelleme özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde çeşitli kullanım alanlarına sahiptir (Fia vd., 2020). Koruk suyu, sirke ve limona alternatif olarak kullanılmakla beraber, çeşitli alkollü içecek ve soslara katkı maddesi olarak da eklenmektedir (Kaya vd., 2020). Koruğun, bir diğer kullanım alanı ise kaynatılarak elde edilen ekşi üzüm sosudur (El-kaderi vd., 2020). Tüm bu kullanım alanlarının yanı sıra üzümün olgunlaşmamış hali olan koruk ve preslenmesiyle elde edilen koruk suyu, sektörel girişimlere katkı sağlaması açısından, gıda endüstrisinde ciddi bir potansiyel oluşturmaktadır (Gutiérrez-Gamboa vd., 2021).

Meyve suyunun üretimden satışa kadar geçen sürede fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişimlere uğramaması tüketici için önemli faktörlerdendir (Sattar vd., 2020). Bu nedenle pastörizasyon işlemi, meyve sularını (pH<4,5) mikrobiyal risk faktörlerinden korumak için en yaygın kullanılan yöntemdir. Koruk suyu, genellikle herhangi bir teknolojik işlem uygulanmadan geleneksel yöntemlerle üretildiğinden üzümlerde doğal olarak yetişen maya ve küflerin neden olduğu mikrobiyal bozulmalara karşı eğilimlidir (Kaya vd., 2020). Bu nedenle koruk suyunun sağlıklı bir biçimde tüketilebilmesi ve gıda endüstrisine kazandırılabilmesi için pastörizasyon işlemleri uygulanmaktadır. Pastörizasyon işleminde temel hedef, gıdalarda bozulmaya neden olan küf, maya ve patojen mikroorganizmaları inhibe etmektir (Škegro vd., 2021). Bu sebeple, koruk suyuna uygulanacak ısı işlemi ile en dirençli mikrobiyal grubun 5 log oranında azalmasını ve ısıya en dirençli enzimin %90 oranında inaktivasyonunu sağlamak hedeflenmektedir (Bhalerao ve Chakraborty, 2021).

Endüstride en yaygın olarak konvansiyonel pastörizasyon işlemi uygulanmaktadır (Samani vd., 2016); ancak konvansiyonel pastörizasyon işleminde uygulanan yüksek sıcaklık ve işlem süreleri meyve suyunun tat ve besleyici özelliğinin yanı sıra ısıya duyarlı biyoaktif bileşikleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Coutinho vd., 2021). Bu durum zaman içerisinde tüketici isteklerinin değişmesine ve alternatif pastörizasyon yöntemlerinin araştırılmasına neden olmuştur. Gıda teknolojisinde mikrodalga (MD) ısıtma yönteminin; kısa işlem süresi, son üründe daha az vitamin ve mineral kaybı, ekipman bazında daha az yer kaplama, kolay temizleme ve enerji tasarrufu gibi avantajları nedeniyle konvansiyonel yöntemeye iyi bir alternatif olabileceği üzerinde durulmuş ve bu konuda literatürde çok sayıda çalışmaya yer verilmiştir (Çağlar vd., 2021). Mikrodalga işleminde gerçekleşen hacimsel ısıtma prensibi

ile gıda maddesinde oluşabilecek ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyecek negatif durumlar bertaraf edilmektedir (De Albuquerque vd., 2021).

Gıda endüstrisinde hızlı üretim, uzun raf ömrü, geliştirilmiş organoleptik kalite ve daha düşük çevresel etki açısından ultrases uygulamaları da giderek önem kazanmaktadır (Li vd., 2021). Ultrases ise enerji açısından verimli ve çevre dostu olarak kabul edilen yenilikçi bir teknolojidir. Ultrases uygulamaları, ürün üzerinde 20 kHz'ten yüksek frekanslara sahip akustik dalgaların kullanılması ile gerçekleştirilmektedir (Rojas vd., 2021). Sonik dalgaların oluşturduğu kavitasyon mekanizması ile meyve suyu kalitesi korunurken, diğer yandan yüksek düzeyde mikrobiyal inaktivasyon da sağlanmaktadır. Bazı durumlarda, ultrases işlemi tek başına antimikrobiyal ve/veya enzim inaktivasyonu açısından yeterli korumayı sağlayamamakta, bu nedenle ultrasesin farklı işlemlerle kombine kullanımı daha başarılı bulunmuştur (Paniagua-Martínez vd., 2018). Literatürde mikrodalga ısıtmada ultrasesin ön işlem olarak uygulanmasının diğer yöntemlere göre daha etkili sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir (Das vd., 2020).

Tez çalışması kapsamında, taze sıkılmış koruk suyuna üç farklı sıcaklıkta (60, 70 ve 80 °C), üç farklı pastörizasyon yöntemi (konvansiyonel, mikrodalga, ultrases destekli mikrodalga) uygulanmış ve ardından meyve suyu örnekleri 60 gün boyunca +4 °C'de depolanmıştır. Pastörizasyon işlemleri sonrasında taze ve pastörize örneklerin 0. günde ve 15 günde bir olacak şekilde 60 günlük depolama süresince, fizikokimyasal (pH, asitlik, toplam kuru madde, viskozite, renk, bulanıklık, esmerleşme indeksi, fenolik madde, flavonoid, antioksidan kapasitesi ve PME enzim aktivitesi) ve mikrobiyolojik (toplam canlı ve toplam küf/maya) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, yenilikçi ısıl işlem yöntemlerinden olan mikrodalga ve ultrases-destekli mikrodalga pastörizasyon yöntemleri, konvansiyonel pastörizasyon yöntemiyle karşılaştırılmış ve son ürün kalitesi üzerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Koruk ve Koruk Suyunun Gıda Endüstrisi Açısından Önemi ve Kullanım Alanları

Üzümler antosiyaninler, flavonoller (kuarsetin ve kaempferol), proantosiyanidinler (kateşin, epikateşin ve tanenler) gibi flavonoidler ve flavonoid olmayan (stilbenler, hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik) fenolik bileşikler açısından çok zengin bir meyvedir ve bu bileşikler genel olarak meyvenin olgunlaşma aşamasında sentezlenmektedir (Karabiyikli ve Öncül, 2016). Olgunlaşma sırasında üzümlerin tatlılık değeri de artmakta ve gıdalarda asitlik artırıcı olarak kullanımları kısıtlanmaktadır (Öncül ve Karabiyikli, 2015). Bunun yanı sıra, olgunlaşmamış üzümlerden elde edilen koruk suyunun organik asit ve fenolik maddelerce oldukça zengin olması, ilave edildiği gıda formülasyonunda arzu edilen asitliği sağlayabilmesinin yanında güçlü bir antimikrobiyal etki de gösterebilmektedir (Gargi ve Sengun, 2021). Bu bağlamda, olgunlaşmamış üzüm, yani koruk, değerli bir kaynak olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde bulunan çalışmalar koruk ve koruktan elde edilen farklı ürünlerin etkilerini ortaya koymaktadır.

Koruk meyvesi, yaygın olarak taze koruk suyu veya koruk ekşisi olarak tüketilmektedir. Yaz aylarında ferahlatıcı bir içecek olarak tüketilen koruk suyu, fermente edilmemiş yeşil üzüm suyudur (Ergezer, 2018). Genellikle koruk suyu üretiminde düşük kaliteli üzümler kullanılmaktadır. (Alipour vd., 2016; Cosme vd., 2018). Ekşi üzüm sosu ise; koruk suyu çıkarıldıktan sonra elde edilen posanın kaynatılması ve ardından konsantre edilerek tuzlama işlemine tabi tutulmasıyla elde edilmektedir (Cosme vd., 2018). Ekşi üzüm sosu, arzu edilen ekşimsi ve buruk tadı sağlamak amacıyla Anadolu'da sirke ve limonun yerine sıklıkla kullanılmaktadır. Dupas de Matos vd. (2019) yapmış oldukları bir çalışmada, salatalık turşularında sirkeye alternatif olarak koruk suyu asitlik verici olarak kullanılmış ve yapılan çalışma sonucunda koruk suyunun sirkeyle benzer özellik gösterdiği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, turşuda duyuşsal özellik bakımından olumsuz etki gösteren asetik asidi içermemesi sebebiyle koruk suyu, sirkeye göre avantajlı bulunmuştur. Benzer şekilde, Gargi ve Sengun (2021), kırmızı et için koruk suyu içeren marinasyon sıvısı hazırlayarak gıda güvenliği ve duyuşsal kalite özelliklerinin değişimini incelemiştir. Farklı marinasyon formülasyonları denenilen çalışmada, koruk suyunun ürünün ekşiliğini artırması beklenirken aksine marinasyon sıvısının asitliği, etin lezzetini geliştirmiş ve antimikrobiyal etkiyi arttırmıştır.

Tüketicilerin doğal, organik ve kimyasal katkı maddesi içermeyen gıdalara ilgisinin artmasıyla, üreticiler de antioksidan bakımından zengin ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkisi bulunan fonksiyonel gıda arayışı içine girmişlerdir. Bu doğrultuda sürdürülebilirlik ve tüketici talepleriyle beraber bitki bazlı antimikrobiyal ajanların kullanılmasına ilişkin çalışmalar yapılmaktadır (McClements vd., 2021; Öncül ve Karabiyikli, 2019). Fenolik bileşiklerin antibakteriyel etkisi, bu bileşiklerin farklı mikroorganizmaların hücresel bölgeleriyle etkileşime girerek hücresel bileşenlerin kaybına ve bakteriyel sitoplazma zarına hasar vererek mikrobiyal hücre ölümüne neden olması ile ilişkilidir (Zamuz vd., 2021). Bu yönüyle koruk suyu, içerdiği yüksek miktarlardaki organik asit ve fenolik madde içeriği ile mikrobiyal açıdan gıdalarda koruyucu özellik gösterebilmekte ve çeşitli gıda formülasyonlarında katkı maddesi olarak kullanılabilir (Cosme vd., 2018). Literatür çalışmaları incelendiğinde, olgunlaşmamış üzümlerden elde edilen meyve suları ve sosların gıda kaynaklı hastalıklardan sorumlu olan *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı antimikrobiyal etki gösterdiği rapor edilmiştir (Fia vd., 2021). Ozturk ve Sengun (2019)'un yapmış oldukları çalışmada, koruk suyu ve kurutulmuş koruk posasıyla marine edilmiş et örneklerinin *S. typhimurium*, *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* üzerine antimikrobiyal etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda koruk suyu ve kurutulmuş koruk posasının gıda kaynaklı patojenleri tamamen inhibe ettiği ve başarılı bir antimikrobiyal etkiyle beraber renk, doku ve tat gibi organoleptik özellikleri de iyileştirdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, Sengun vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki koruk suyu ile değişen sürelerde marine edilmiş kanatlı etinde mikrobiyal değişim incelenmiştir. Çalışma sonucunda, 18 saat boyunca %100 koruk suyu ile marine edilen örneklerde *S. typhimurium* ve toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı belirlenen limitlerin altına düşürülmüştür. Bunun yanı sıra, koruk suyu içerdiği yüksek asit miktarı nedeniyle et proteinlerinin su tutma kapasitesini arttırarak pişirme kaybını azaltmıştır. Bu yönüyle koruk suyu ile marinasyon, kanatlı etinin kalite ve duyu özelliklerine katkı sağlamıştır. Moon vd. (2020), şarapların alkol oranını azaltmak ve pH değerini düşürmek için koruk suyu ilavesinin etkisini incelemişlerdir. Aynı zamanda şaraba koruk suyu ilavesinin esmerleşmeyi önlediği belirlenmiştir.

Koruk, antioksidan etkisi sebebiyle gıda bileşenlerine eklenerek fonksiyonel ürünlerin gelişimine de katkı sağlamaktadır. Pagliarini vd. (2021), yapmış oldukları çalışmada koruk suyundan elde edilen fenolik bileşiklerin pancar püresine eklenmesiyle son ürünün duyu özelliklerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışma koruk suyunun yenilikçi, yüksek antioksidan

içeren gıdaların geliştirilmesi için sürdürülebilir bir fenolik bileşen kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışma kapsamında yapılan duyusal analizler sonucunda koruğun kendine ait buruk ve ekşi tadının tüketicilerin büyük çoğunluğu tarafından beğenildiği tespit edilmiştir. Fia vd. (2021b) ise yaptıkları bir çalışmada, şarap yapımında, ürünü oksidasyonun ve mikrobiyolojik bozulmaların olumsuz etkilerinden korumak amacıyla, yaygın olarak kullanılan kükürt dioksit (SO₂) yerine koruk suyu kullanımının başarılı bir alternatif olabileceğini göstermiştir. Tinello vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, elma dilimlerinin ön işlem olarak koruk suyuna daldırılması ve ardından kurutulması ile polifenol oksidaz (PPO) aktivitenin inhibe edildiği, renk değişiminin sınırlandırıldığı ve antioksidan kapasitenin arttığı rapor edilmiştir. Yapılan çalışma ile sentetik katkı maddeleri, esmerleşmeyi önleyen geleneksel yöntemleri ve ağartma maddeleri gibi sağlık açısından olumsuz işlemlerin önlenmesi için koruk suyu kullanımının sürdürülebilir bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır. Vendramin vd. (2021)'nin yapmış oldukları bir çalışmada, genellikle *Echinacea purpurea* köklerinden zor ve maliyetli yöntemlerle ekstrakte edilebilen, antioksidan özelliği yüksek olan ve gıda formülasyonlarında kullanılan hidroksisünamik asitler ve türetilmiş esterleri, koruk suyundan ekstrakte edilmiştir. Koruk suyundaki hidroksisünamik asitler, polifenollerin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle yüksek saflıkta önemli bir hidroksisünamik asit olan kaftarik asit elde etmek için koruk suyunun iyi bir hammadde olduğu belirlenmiştir.

Literatür çalışmaları, koruk ve koruktan elde edilen ürünlerin, antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin yanı sıra renk koruyucu, tat geliştirici, asitlik düzenleyici özellikleri ile fonksiyonel gıda üretiminde önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir. Bununla beraber bağcılıkta kullanılan ve çoğunlukla teknolojik anlamda değerlendirilmeyen koruk, sürdürülebilir gıda üretimi için önemli bir hammadde olarak ön plana çıkmaktadır.

2.2. Meyve Suyunda Mikrobiyal İnaktivasyon

Sağlıklı bir meyvenin üst dokusunda kendine ait doğal bir mikroflora bulunurken iç dokusunda mikroorganizmalar bulunmaz. Taze meyvelerin işleme ve depolama sürecinde, yüzeydeki mikroflora ve sonradan bulaşmalar ile diğer mikroorganizmalar gıdalara geçerek üründe mikrobiyolojik kökenli değişimler meydana getirebilir. Bu değişimler sonucunda kalite düşer, tat ve doku yapısı bozulur ve meyveler tüketilemeyecek duruma gelir. Patojen bulaşması gıda zincirindeki en büyük sorunlardan biridir (Müller vd., 2021). Ürün imhasıyla, endüstride

ekonomik kayıplar oluşurken, toksinler sebebiyle tüketicilerde ciddi enfeksiyon ve zehirlenme riski oluşabilmektedir (Olushola vd., 2021).

Meyve sularının yüksek asidik özelliği nedeniyle bakteri türlerinin büyüemeyeceği ve bu meyve sularının pastörize edilmeden tüketilmesinin güvenli olacağı düşünülmektedir (Ceviz, 2006; Mendes-Oliveira vd., 2020). Meyve suları, yüksek şeker içeriği ve düşük pH değerine sahip olması nedeniyle mayaların, küflerin ve bazı aside dayanıklı bakteri türlerinin gelişimini hızlandırabilmektedir (Rawat, 2015). Son zamanlarda, gıda kaynaklı birçok *E. coli* ve *Salmonella* salgını, pastörize edilmemiş meyve suyuyla ilişkilendirilmiştir (Gómez-lópez vd., 2021). Yıl bazında incelendiğinde 1995'ten 2005'e kadar, Amerika Birleşik Devletleri'nde sadece meyve suyu veya elma şarabı tüketimi nedeniyle 21 adet salgının meydana geldiği rapor edilmiştir. Asidik karakterdeki meyve sularının pastörize edilmediği için kontaminasyona uğradığı ve bu şekilde tüketiminin salgına neden olduğu düşünülmektedir (Mendes-Oliveira vd., 2020).

Meyve sularında kontaminasyona neden olan patojen özellikteki bakterilere örnek olarak *E. coli* O157:H7 türleri, *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* verilebilir. Laktik asit ve asetik asit bakterileri de bozulmaya neden olan bakterilerdendir. *Alisiklobasiller*, *Bacillus coagulans* ve *Clostridium spp.* türlerinin sporları, ısı işlem uygulamalarından sonra canlı kalabildiğinden meyve sularının güvenliği açısından özellikle dikkat edilmesi gereken patojenlerdir (Akan vd., 2014). Mayalar sınıfındaki *Saccharomyces cerevisiae* ve *Zygosaccharomyces rouxii* ile *Aspergillus* ve *Penicillin* türleri küfler de meyve suyu üretiminde patojen olarak bulunabilmektedir (Salomão, 2018). *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7 işlem görmemiş meyve sularında dokuya yapışarak hücre içine girmesi ile pek çok salgına neden olabildiği rapor edilmiştir (Usaga vd., 2021; Ölmez, 2016). *E. coli* gram negatif, fakültatif anaerobik, çubuk şeklinde bir bakteridir ve fekal kaynaklı kontaminasyonlarla bulaşmaktadır (Salomão, 2018; Shahbaz vd., 2018). *E. coli* O157:H7'nin gelişimi için pH limitinin yaklaşık 4,5 olması sebebiyle asidik koşulları daha uzun süre tolere edebilmektedir (Bağcı ve Temiz, 2006). Bu nedenle elma ve üzümde elde edilen ürünlerde özellikle *E. coli*'nin inhibisyonu üzerinde çalışılmıştır (Shahbaz vd., 2018). Zhao vd. (1993), yaptıkları bir çalışmada, *E. coli* O157:H7 bakterisinin pH değeri 3,7 olan ve 25 °C'de depolanan elma suyunda canlılığını 2 ile 3 gün korurken, 8 °C'de depolanan elma suyunda ise 31 gün boyunca koruduğu belirlenmiştir. *E. coli* suşları, asidik ortamlarda ve geniş sıcaklık aralığında dirençli oldukları için gıda güvenliği yönünden önem arz etmektedir (Kernou vd., 2021).

Salmonella, *Enterobacteriaceae* familyasına ait çubuk şeklinde, gram negatif, kamçılı ve fakültatif anaerob bir bakteridir. Gıda kaynaklı hastalıklar ve nihai ölümlerle ilişkili en yaygın patojenlerden biridir (Kaavya vd., 2021; Shen vd., 2021). *Salmonella*, evcil ve vahşi hayvanların bağırsaklarında oluşan patojen bir bakteridir. Hayvan ve bitki kaynaklı gıda ürünlerinde yaşanan çapraz bulaşma yoluyla yayılmaktadır (Shen vd., 2021). *Salmonella* ısıya karşı dayanıklı bir bakteri değildir. Bu nedenle, ısı işlem uygulanarak elimine edilebilir; ancak özellikle meyve sularının pastörize edilmeden tüketilmesi ile salgınlara neden olabilmektedir (Pliego-Arreaga vd., 2021; Salomão, 2018). *Salmonella* nedeniyle yaşanan ve çok sayıda insanın hastalanmasına neden olan örnek bir salgın, 1995 yılında bir meyve suyu üretim işletmesinde üretilen ve pastörize edilmemiş portakal sularının tüketilmesi sonucu yaşanmıştır. Bu işletmeden alınan meyve suyu örneklerinin mikrobiyolojik analizi sonucunda fekal koliform ve *E. coli* sayısı >110 EMS/mL olarak bulunmuştur (Parish, 1998).

Meyve suyu endüstrisinde gıda güvenliği açısından sorun oluşturan bir diğer mikroorganizma grubu olarak *Alicyclobacillus* spp. öne çıkmaktadır. (Zhao vd., 2021). Bu mikroorganizmanın gelişimi için gerekli pH değeri 1,5 – 6,5 arasında değişmekte ve 18 – 70 °C gibi geniş bir sıcaklık aralığında gelişebilmektedir (Zhang vd., 2021). Ayrıca oluşturdukları sporlar asit ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Bununla beraber meyve konsantrelerinde *Alicyclobacillus* spp.'nin endosporlarının inaktivasyon derecesi daha düşüktür (Tian vd., 2021). *Alicyclobacillus* spp. kaynaklı bozulma belirgin bir tıbbi veya antiseptik koku giderici bileşik olan ve meyve sularında 2 µg/L seviyesinde duyuusal yollarla tespit edilebilen guaiakol üretimi ile kendini göstermektedir (Wang vd., 2021). Meyve sularında *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *A. pomorum*, *A. herbarius* ve *A. acidiphilus* gibi türler de bulunmaktadır. *Alicyclobacillus acidoterrestris*, diğer *Alicyclobacillus* türlerine göre değişen sıcaklık ve pH değerlerine karşı daha dayanıklıdır. Bu bakteri meyve bahçesi, toplama kasaları, meyve ambarı, meyve yüzeyi, temizleme suyu, boru hattı suyu, üretim hattı, konsantre meyve suyu, yarı ürünler ve nihai ürünler dahil olmak üzere üretim ve işleme zincirinin bütün bileşenlerinde yaygın olarak bulunabilmektedir (da Silva vd., 2021; Fan vd., 2021).

Byssochlamys ise ısı işlem görmüş meyvelerin bozulmasıyla ilişkilendirilen ısıya dayanıklı bir küf olarak tanımlanmaktadır (Ishara ve Gunasena, 2021). *Byssochlamys* varlığının meyve suyu üretim süreci boyunca kontrol edilmesi gerekmekte ve bu funguslar bir mikotoksin olan patulin'in yanı sıra meyvenin yumuşamasına neden olabilecek enzimleri de üretmektedir (Buerman vd., 2021). *Byssochlamys* bulaşmalarının çoğu toprak kaynaklıdır. *Byssochlamys*

fulva ve *Byssochlamys nivea* meyve suyu üretiminde en yaygın türleri olup inaktive edilmeleri için 90 °C ve üzeri sıcaklıklar gerekmektedir (Evelyn ve Silva, 2015; Cemeroglu, 2018).

2.3. Meyve Suyunda Enzimlerin İnaktivasyonu

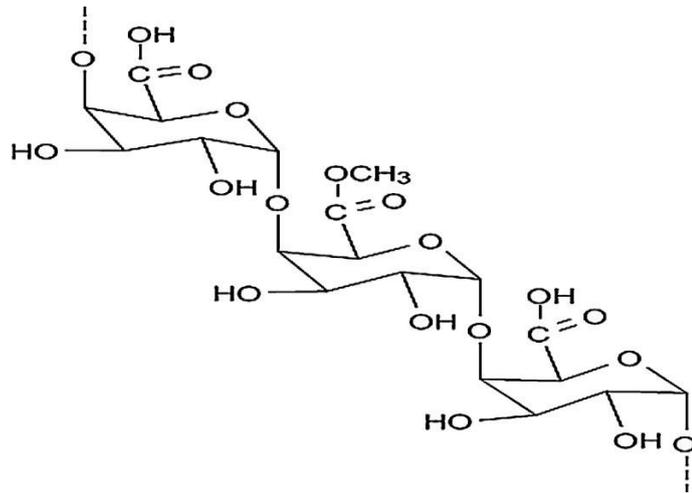
Enzimler, kimyasal ve biyolojik reaksiyonları hızlandıran proteinlerdir. Bu biyokatalizörlerin organik çözücülerde artan sıcaklıkla beraber aktiflik derecelerinde de artış gözlenmektedir. Bu nedenle enzimler, gıda endüstrisinde reaksiyon kontrol etme veya ekstraksiyon gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. Meyvelerin meyve suyuna işlenmesi sırasında, içinde bulunan doğal enzimlerin aktiviteleri sebebiyle vitamin ve mineral gibi besin öğeleri ile fenolik bileşiklerinde kayıplar görülürken renk, doku ve lezzet gibi duyuşal özelliklerindeki değişimler son ürünün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Demirdöven ve Baysal, 2008). Bu noktada özellikle, polifenolik bileşenlerin oksidasyonunu katalize eden, enzimatik esmerleşmeye sebep olan ve besin kalitesini azaltan polifenol oksidazlar (PPO), peroksidazlar (POD) ve pektin metilesterazlar (PME) meyve suyu işleme teknolojisi bakımından önemli enzimler olarak ön plana çıkmaktadır (Szczepeńska vd., 2021).

Oksidoredüktazlar sınıfında yer alan PPO, meyve suyu işleme endüstrisinde genellikle meyve suyunun üretim ve depolama aşamalarında besin değerlerinin azalmasına ve renk değişimine neden olmaktadır (Chang vd., 2017; Szczepeńska vd., 2021). PPO, oksijen varlığında monofenollerin hidroksilasyonunu ve *o*-difenollerin *o*-kinonlara oksidasyonunu katalize ederek kahverengi pigmentler oluşturarak polimerize olmaktadır (Seow vd., 2021). Oksidasyon reaksiyonu sonucunda ise amino asitler, protein veya diğer bileşiklerle yoğunlaşan ve melanin olarak adlandırılan kahverengimsi, siyah veya kırmızı renk pigmentleri veren kararsız *o*-kinonlar oluşmaktadır (Ağçam vd., 2018). Bu sebeple, doğrama, parçalama, ezme gibi mekanik işlemler sonucu oluşan zedelenme yerlerinde rengin hızla esmerleşip kararması bu enzimlerin etkilerinin sonucudur.

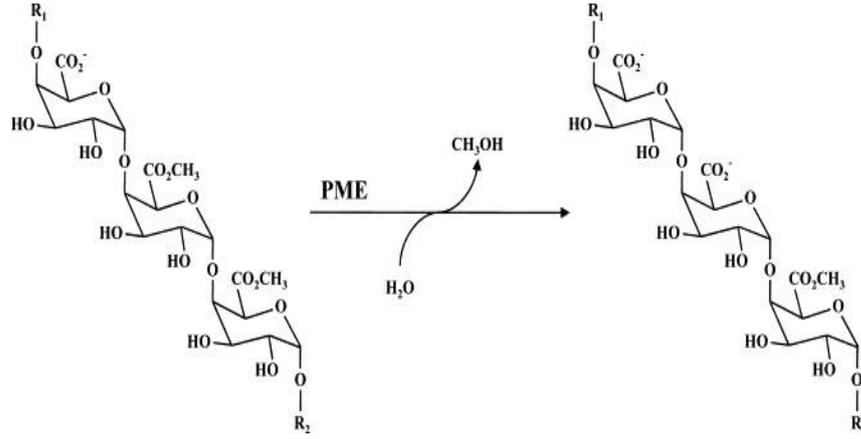
Peroksidazlar, duyuşal özelliklerin (kahverengileşme ve doğal renk pigmentlerinin bozunması) yanı sıra besinsel kalite niteliklerinde istenmeyen değişiklikler oluşturarak meyve suyunun raf ömrünü kısaltmaktadır. POD, çeşitli bileşiklerin enzimatik esmerleşmesine neden olan, demir içeren termostabil bir oksidoredüktazdır. Hidrojen peroksit (H₂O₂), POD aktif bölgesini oksitleyerek substratın bu bölgeye bağlanmasını sağlamaktadır. Substrat oksitlenirken enzimler indirgenmiş durumuna geri döner ve fenolik bileşiklerin oksidasyonunu

katalizleyerek kahverengi bozunma ürünlerinin oluşumuna yol açar (Kanjanapongkul ve Baibua, 2021; Panigrahi vd., 2021; Cemeroğlu vd., 2001).

Pektin bitki hücresindeki orta lameller ve hücre duvarında doğal olarak bulunan karmaşık bir polisakkarittir. Pektinin selüloz, hemiselüloz ve proteinler ile iç içe geçmiş bir yapıda olması, bitkilerin yapısal bütünlüğünde kritik bir rol oynamaktadır (Ferguson vd., 2021). Pektinin temel zincir yapısı Şekil 2.1’de gösterilmektedir (Aburto vd., 2015). Homogalakturonanlar, pektinin %60 – 65’ini oluşturmakta ve kısmen metil ve asetil grupları ile esterleşmektedir (Zhao vd., 2021). Metil-esterifikasyon derecesi, pektinlerin kalsiyum iyonlarıyla etkileşime girme kabiliyetini büyük ölçüde etkilemektedir (Mouille vd., 2007). PME, pektini inaktive etmesi nedeniyle meyve sularının bulanıklık ve viskozite gibi fizikokimyasal özelliklerini etkilemekle beraber renk ve aroma degradasyonu gibi kalite kayıplarına neden olmaktadır (Szczepańska vd., 2021; Bozkır ve Ergün, 2020). PME bulanık meyve suyunu destabilize ederek pektinleri parçalar ve meyve suyu daha berrak bir hale gelir (Negri Rodríguez vd., 2021). PME aktivitesi tarafından üretilen negatif yükler, meyve suyunda bulunan kalsiyum iyonları ile daha kalıcı kalsiyum pektat jellerinin oluşturur. Bu jeller, bulanıklık kaybına neden olup meyve suyunun berraklaşmasına neden olan bulutu çekerek çöktirmektedir (Briongos vd., 2016). Şekil 2.2’de PME reaksiyonu sonucu pektin molekülünde meydana gelen yapısal değişim gösterilmiştir (Jolie vd., 2010).



Şekil 2.1. Pektinin moleküler yapısı



Şekil 2.2. Pektin metilesteraz (PME)

Enzim inaktivasyonu, meyve suyunun stabilitesini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, depolama sırasında kalite bozulmalarına neden olabilen enzim aktivitesinin kontrolüne dikkat edilmelidir (Bhalerao ve Chakraborty, 2021). Enzimlerin inaktive olduğu süre ve sıcaklık değerleri, farklı meyvelerde veya aynı meyvenin farklı türlerinde değişiklik göstermektedir (Yemenicioğlu vd., 1997). Bu sebepten dolayı enzim inaktivasyonu, ısıl işlem parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Dubey vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, *Red delicious*, *Royal delicious*, ve *Golden delicious* JK cinsi elmalarda POD 50 °C’de inaktif olurken, *Golden delicious* HP cinsi elmalarda 70 °C’de inaktif olmuştur. Benzer şekilde, domates suyunun termosonikasyon ile PME inaktivasyonu 60 °C’de %98,5 olarak bulunurken, 65 °C’de %98,9 olarak bulunmuştur (Wu vd., 2008). Siguemoto vd. (2018), bulanık elma suyunda yaptığı pastörizasyon işlemlerinde PME’nin, PPO ve PD’ye göre ısıl işlemlere daha dayanıklı olduğunu tespit etmiştir. Bu bağlamda, PME’nin, pastörizasyon işlemi aşamasında ısı ve süreç koşullarının belirlenmesi amacıyla, hedef enzim olarak uygun olduğu söylenebilir.

2.4. Isıl İşlemler

2.4.1 Pastörizasyon İşlemi

Meyve suları yüksek biyoaktif içeriklerinin yanı sıra ferahlatıcı tatları ve zengin vitamin ve mineral içeriklerinden dolayı sıklıkla tüketilmektedir. Isıl işlem uygulanmayan taze meyve sularının raf ömrü, mikrobiyal veya biyokimyasal kaynaklı olarak 2 – 3 gün ile sınırlı

kalmaktadır (Bhalerao ve Chakraborty, 2021). Taze meyve sularının uzun ömürlü olmasını, kalitesini korumasını ve mikrobiyal güvenilirliğini sağlamak kritik bir öneme sahiptir (Dhar vd., 2021). Bu sebeple, gıdaların bozulmasından veya gıda zehirlenmesinden sorumlu patojen mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi için endüstriyel meyve suyu üretiminde pastörizasyon işlemi önemli bir rol oynamaktadır. (Škegro vd., 2021; Samani vd., 2016).

Pastörizasyon işlemi, meyve suyunun tadını ve raf ömrünü etkileyen mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu için gereklidir. Pastörizasyon işlemi en basit haliyle tanımlamak gerekirse; meyve sularının işlenmesi ve depolanması süreçlerinde ürünün bozulmasına sebep olan mayalar, küfler ve vejetatif bakteriler gibi termolabil mikroorganizmaları ısı uygulayarak etkisiz hale getirmek ve antioksidan kapasite kayıplarına ve oksidasyona sebep olan enzimleri inaktive ederek renk, tat ve viskozite gibi kalite kriterlerini korumaktır (Škegro vd., 2021; Marszałek vd., 2017). Mikroorganizmaların ısı direnci, bulunduğu ortamdaki pH değeriyle doğrudan ilişkilidir. Bu doğrultuda, gıda muhafazası için ısı işlem uygulanırken gıdalardaki pH derecesi göz önünde bulundurulmalıdır (Becerikli, 2017). pH değeri 3 ile 4 arasında değişen meyve suları için 84 – 88 °C sıcaklıkta 15 – 45 dakika boyunca termal pastörizasyon işlemi uygulanırken, pH değeri 4,6'nın üzerinde olan sebze suları için 100 °C üzeri sıcaklıklarda gerçekleştirilen sterilizasyon işlemi uygulanmaktadır. Pastörizasyon işlemi uygulanan yüksek pH değerine sahip gıdalar bozulabilir olduğu için ısı işlemin ardından hızla soğutulmalıdır (Ishara ve Gunasena, 2021).

Günümüz tüketicileri sağlık ve gıda arasındaki bağa çok daha fazla önem vermektedir. Dolayısıyla tüketiciler, tazeye en yakın özellikte, besleyici değerleri yüksek, uygun fiyatlı, fonksiyonel kaliteye ve uzun raf ömrüne sahip meyve sularına yönelmektedir (Geraldı vd., 2021; Yıldız vd., 2021). Bununla birlikte, tüketici beklentilerini karşılamak amacıyla gıda işleme teknolojilerini iyileştirmek ve optimize etmek için sürekli yeni teknikler üzerinde çalışılmaktadır (Chizoba Ekezie vd., 2017). Meyve suyu endüstrisinde yaygın olarak konvansiyonel pastörizasyon yöntemi kullanılmaktadır. Konvansiyonel yöntem ile ürünlerin vitaminler, uçucu bileşenler, karotenoidler, antosiyaninler, organik asitler ve pH gibi besinsel ve fizikokimyasal özelliklerinde olumsuz değişiklikler gözlemlenmesi sebebiyle ısı işlem uygulamaları için yeni teknolojilerin aranması kaçınılmaz hale gelmiştir (Dinçer ve Topuz, 2018). Gelişen teknoloji ile birlikte, yüksek sıcaklıkların neden olduğu olumsuz etkileri engellemek, kaliteyi artırmak ve meyve sularının fiziksel, besinsel ve organoleptik özelliklerini geliştirmek için geleneksel pastörizasyon işlemine alternatif olarak yenilikçi ısı işlem teknikleri ortaya çıkmıştır.

2.4.2 Pastörizasyon Yöntemleri

2.4.2.1. Konvansiyonel Pastörizasyon

Konvansiyonel pastörizasyonda, meyve suyu gibi sıvı gıdalarda sürekli akış kullanılmaktadır. Isı transferi, metal bir yüzeye verilen ısının önce ürüne iletimi (kondüksiyon) daha sonra da ürünün kendi içinde taşınmasıyla (konveksiyon) gerçekleşmektedir. Bu nedenle ısı transferi nispeten daha uzun sürmektedir. Yüzeye bitişik, ürünün kütlesinden daha sıcak olan durgun ince bir tabaka vardır ve bu katman ısıya çok daha fazla maruz kalmaktadır. Bu nedenle, konvansiyonel pastörizasyon işlemi, yüksek sıcaklık ve uzun sürelerle maruz kalan ürünün taze lezzetini ve besin içeriğini negatif yönde etkilemekte ve ürünün kimyasal ve fiziksel yapısında istenmeyen değişikliklere yol açan termal bozulmalar meydana getirmektedir. Bu termal bozulmalar, meyve posaları gibi viskoz gıdalarda daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır (Coutinho vd., 2021; Vadivambal ve Jayas, 2010).

Yapılan bir çalışmada Barbados kirazı küspesine 85 °C sıcaklıkta 3 dk. konvansiyonel pastörizasyon işlemi uygulanmış ve askorbik asit ve C vitamini içerikleri analiz edilmiştir. Başlangıçta pastörizasyon uygulanmayan numunelerde askorbik asit ve C vitamini içerikleri sırasıyla 100 g üründe 9,28 ve 9,39 mg olarak tespit edilirken, pastörizasyondan sonra 8,95 mg askorbik asit ve 9,04 mg C vitamini olarak bulunurken degradasyon değerleri sırasıyla %3,6 ve %3,7 olarak belirlenmiştir (Mercali vd., 2012).

2.4.2.2. Mikrodalga Pastörizasyon

İlk olarak, evlerin mutfaklarında dondurulmuş ürünlerin çözündürülmesi, kurutma ve pişirme işlemleri amacıyla kullanılmaya başlayan mikrodalga ısıtma sistemi zaman içerisinde geliştirilerek gıda, kimya, biyomedikal gibi çeşitli endüstrilerde kullanılmaya başlanmıştır (Chua ve Leong, 2020; Clodoveo vd., 2016). Gıda endüstrisinde, homojen ve kısa süreli ısıtma avantajlarından dolayı pastörizasyon, sterilizasyon, dondurarak kurutma ve haşlama işlemleri ile mikrodalga kullanım alanları yaygınlaşmıştır (Gümüşderelioğlu ve Kaynak, 2012).

Mikrodalga ışıma, manyetik ve elektrik alan olmak üzere iki bileşenden oluşur. Elektromanyetik spektrumun radyo dalgaları ile kızıl ötesi ışınlar arasındaki bölümünde yer alan 300–300.000 MHz frekans aralığındaki dalgalardır. Ev tipi mikrodalga fırınlar 2,45

GHz'lik frekansta çalışır. Mikrodalga fırınlarının temel prensibi; fırının içine koyulan ve mikrodalgayı soğuran bir gıdanın moleküllerinin titreşerek kinetik enerji kazanması ve böylece gıdanın ısınıp pişmesine dayanmaktadır. Mikrodalgaların homojen olarak yayılmasını sağlamak için fırının içine bir döner tabla veya bir pervane yerleştirilir. Bununla birlikte, sıcaklık ve basınç gibi ortam koşullarının kontrol edilmesi amacıyla ev tipi mikrodalga fırınlardan farklı olarak, laboratuvar çalışmaları ve endüstriyel üretimde kullanılmak üzere özel mikrodalga sistemleri tasarlanmıştır (Gümüşderelioğlu ve Kaynak, 2012).

Federal İletişim Kurulu (FCC) endüstriyel uygulamalar için dört farklı bant tahsis etmesine rağmen, ısıtma için kullanılan endüstriyel mikrodalgalar genellikle 915 MHz veya 2,45 GHz frekanslarda çalışmaktadır (Guzik vd., 2021). Mikrodalga ve radyo frekansı enerjisi gıda üzerine uygulandığında, gıdanın içerdiği su moleküllerinin çift taraflı doğası, dielektrik ısınmaya neden olmaktadır. Su moleküllerinin üzerinde oluşan elektromanyetik alan, kalıcı polarize dipolleri yeniden hizalamaktadır. Yüksek frekanslı elektromanyetik alan hızlı bir şekilde hizalanmaya çalışan su molekülleri arasında sürtünmeye sebep olmaktadır. Sürtünme sayesinde açığa çıkan termal enerji ise gıdanın hacimsel ısınmasını sağlamaktadır (Chandrasekaran vd., 2013; Coutinho vd., 2021; Gómez-lópez vd., 2021). Yüksek nüfuz derinliğine sahip olan mikrodalgalar hacimsel ısıtma ile birleşince kısa sürede hızlı ısınma sağlamaktadır. Bu sayede gıdanın yüzeyi ve içi arasındaki sıcaklık farkının en aza indirilmesine katkıda bulunmaktadır (Puligundla, 2013). Ayrıca, oluşan elektromanyetik alan, kinetik enerjiyi ısıya dönüştüren çok sayıda iyonik çarpışmaya neden olmaktadır. Bu nedenle gıdalar doğrudan ısıtılmakta ve sıcak bir kaynaktan ısı transferi gerekmemektedir (Coutinho vd., 2021).

Mikrodalga uygulamasında, ısı üretimi moleküler düzeyde başladığı için içten ısınma sağlar ve yüzeyin aşırı ısınması engellenir. Geleneksel ısıtma işlemlerine kıyasla, mikrodalga ile ısıtma işleminin ısı verimi ve proses hızı çok daha yüksektir. Aynı sıcaklıkta daha kısa sürede, daha yüksek mikrobiyal ve enzim inaktivasyonu sağlanabilmektedir. Bozkır ve Ergün (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, geleneksel pastörizasyon sistemi ile 85 °C'de pastörize edilen portakal sularının işlem süresi 180 s olarak tespit edilirken, ısı ve ultrases sisteminin kombinasyonu olan termosonikasyon yöntemi ile 120 s sürdüğü bulunmuştur. Ek olarak, 900 W güç mikrodalga ile pastörize edilen örneklerde ise işlem süresi 60 s olarak belirlenmiştir. Ayrıca konvansiyonel, termosonikasyon ve mikrodalga yöntemi ile pastörize edilen örneklerde sırasıyla, %95,37, 95,39 ve 95,74 PME inaktivasyonunun sağlandığını belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, işlem süresinin kısalması ile enzim inaktivasyonu açısından daha yüksek verim elde edilebileceği ifade edilmiştir.

Çizelge 2.1. Mikrodalga ısıtmanın meyve suyu endüstrisinde kullanımını ve kalite üzerine çeşitli etkilerini ele alan literatür çalışmaları

Hammadde	İşlem Parametresi	Kalite Üzerine Etkisi	Kaynakça
Ananas	2450 MHz; 80 ve 240 W; 5 – 20 dk.	Mikrodalga ısıtma ile ananas suyunda esmerleşme indeksi ve proteolitik aktivite gibi kalite özelliklerindeki değişim en aza indirgenmiştir. Ayrıca, kısa işlem süresi ile yüksek düzeyde buharlaşma oranı sağlamıştır.	Chua ve Leong, 2020
Elma	600 ve 720 W; 80 – 90 °C; 5, 10, 15, 20, 25 s	Mikrodalga ısıtma ile elma suyunda <i>E. coli</i> O157:H7 ve <i>Salmonella Typhimurium</i> 'un inaktivasyon kinetiğini tanımlamak için güvenilir bir model geliştirilmiştir. Taze elma suyu, 80 – 90 °C'de 25 s mikrodalga ile muamele edildiğinde <i>E. coli</i> O157:H7 ve <i>Salmonella Typhimurium</i> 7 log oranında azalmıştır.	Mendes-Oliveira vd., 2020
Hindistan cevizi	2,45 GHz; 3 kW; 5, 10, 15 ve 20 dk.	Mikrodalga ısıtma asitlendirilmiş Hindistan cevizi suyunda <i>Bacillus coagulans</i> sporlarını etkisiz hale getirmiştir. Mikrodalga (95 °C'de 6,61 dk.) işlemi ile örneklerin içerdiği spor sayısından 5 log oranında düşüş gözlenmiştir. <i>B. coagulans</i> sporlarının popülasyonundaki azalma ve kinetik parametreler, mikrodalga'nın hindistan cevizi suyunun işlenmesi için uygun bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir.	Pinto vd., 2021
Açai	915 MHz; 89 °C; 40 s	Açai posasının önemi ve bozulabilirliği göz önünde bulundurularak, geleneksel ve mikrodalga ısıtma altında peroksidaz ve polifenol oksidazın inaktivasyon kinetiği araştırılmıştır. Açai çileği posasında mikrodalga ısıtma (89 °C'de 40 s) ile peroksidaz aktivitesinde %90'lık bir inaktivasyon gözlenmiştir.	Coutinho vd., 2021

Çizelge 2.1. Mikrodalga ısıtmanın meyve suyu endüstrisinde kullanımını ve kalite üzerine çeşitli etkilerini ele alan literatür çalışmaları (devam)

Portakal	70 °C; 1 dk.	Mikrodalga işleme, pektin metilesteraz (PME) aktivitesinin azaltılması ile taze portakal suyunu stabilize etmek için etkili bir yöntem olmuştur. Portakal suyundaki PME'nin ısıya duyarlı fraksiyonu, 70 °C'de yaklaşık 1 dk. mikrodalga ısıtma ile etkisiz hale getirilmiştir. Konvansiyonel işleme kıyasla, mikrodalga ısıtma sonrasında portakal suyunun C vitamini içeriğinde hafif bir düşüş gözlenmiştir.	Cinquanta vd., 2010
Portakal	2450 MHz; 300 W; 70, 75, 80, 85, 90 °C; 0 – 180 s	Mikrodalga ısıtma işlemine tabi tutulan portakal suyu örneklerinde %85'lik minimum askorbik asit kaybı gözlenmiştir. Ayrıca, mikrodalga işlemi yüksek PME inaktivasyonu sağlamıştır. Mikrodalga işlemi, çevre dostu olması, aşırı ısınmayı önlemesi ve tüketici alışkanlıklarındaki değişimle uyumlu olarak portakal suyunda kalite özelliklerinin daha iyi korunmasını sağlaması nedeniyle portakal suyu pastörizasyonu için alternatif olarak düşünülebilir.	Amaro ve Tadini, 2021b
Sebze	210W – 646 s 260W – 608 s 1600W – 206 s 3600W – 93 s	Mikrodalga ısıtma işlemine tabi tutulan sebze smoothie örneklerinde özellikle daha yüksek güç/daha kısa süre işlem parametrelerinde daha düşük peroksidaz, pektin metilesteraz ve poligalakturonaz kalıntı enzim aktiviteleri elde edilmiştir. Konvansiyonel yöntemle kıyasla daha kaliteli smoothie örnekleri elde edilmiştir.	Arjmandi vd., 2017
Portakal – Süt	2450 MHz; 65, 75 °C; 15, 30, 60 s	Mikrodalga ısıtma işlemi uygulanmış portakal – süt içeceğinde taze ve konvansiyonel işleme kıyasla daha düşük esmerleşme indeksi ve daha yüksek askorbik asit, toplam fenolik bileşik ve karotenoid seviyeleri, daha yüksek antioksidan kapasite ve daha yüksek Anjiyotensin I-Dönüştürücü Enzim (ACE) inhibitör aktivite değeri belirlenmiştir.	Martins vd., 2021

Çizelge 2.1. Mikrodalga ısıtmanın meyve suyu endüstrisinde kullanımını ve kalite üzerine çeşitli etkilerini ele alan literatür çalışmaları (devam)

Kavun	400, 800 W; 25 – 100 °C; 110 s	Mikrodalga ısıtma işlemine tabi tutulmuş kavun suyunda β -karoten ve fenolik bileşikler daha iyi korunmuştur. Patojenlerin sayısında kısa sürede önemli azalma gözlemlenmiştir.	Hashemi vd., 2019
Elma	6 kW; 2450 MHz; 70, 80, 90 °C (30 °C ön ısıtma); 8, 15, 19, 37, 47, 89 s	Mikrodalga pastörizasyona tabi tutulan elma suları, benzer bekletme sürelerine sahip konvansiyonel ısıtma ile pastörize edilenlere göre uçucu profili daha iyi korumuştur. Mikrodalga ısıtma, geleneksel ısıtmadan daha hızlı olduğu için son üründe tat değişikliklerini en aza indirmiş ve kalite özelliklerinin daha iyi korunmasını sağlamıştır.	Siguemoto vd., 2019

Mikrodalga ısıtmanın, geleneksel pastörizasyon yöntemine kıyasla daha kısa işlem sürelerine sahip olması hem zamandan hem enerjiden büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır (Gümüşderelioğlu ve Kaynak, 2012). Mikrodalga ısıtma işlemi uygulanan ürünlerde antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde içeriği ile beraber mikrobiyal ve enzim inaktivasyonu gibi etkilerin incelendiği literatür çalışmaları Çizelge 2.1.'de sunulmuştur.

Siguemoto vd. (2019), mikrodalga destekli pastörizasyon işlemi uygulanan elma suyunda fenolik madde içeriğinin artması ısıl işlem sırasında polifenol oksidaz inaktivasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, antioksidan kapasitesi ve polifenol bileşikler arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Elma suyunun besin kalitesinin değerlendirilmesinden farklı olarak mikrodalga ve geleneksel pastörizasyon işlemlerinin enzim (Siguemoto vd., 2018a) ve mikrobiyal inaktivasyon (Siguemoto vd., 2018b) kinetiği matematiksel olarak modellenmiştir. Her iki pastörizasyon yöntemiyle POD, PO ve PME inaktive edilmiş; ancak modelleme eğrilerinde pastörizasyon yöntemleri arasında belirgin bir fark bulunamamıştır. Ek olarak, en yüksek termal dirence sahip PME enziminin pastörizasyon uygulamaları için hedef enzim olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, mikrodalga ısıtmanın elma suyundaki *E. coli* ve *L. monocytogenes* bakterileri üzerinde 5 log oranına kadar inaktivasyonda etkili olduğu ve beklenen sonuçlardan daha yüksek inaktivasyon sağladığı belirlenmiştir.

Kumar vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, 90 °C'de konvansiyonel pastörizasyon ve mikrodalga ile pastörizasyon işlemi uygulanan pomelo meyvesi suyunun fizikokimyasal özellikleri, konvansiyonel pastörizasyona kıyasla mikrodalga ısıtmalı pastörizasyondan daha az etkilenmiştir ve askorbik asit, naringin ve toplam fenolik içeriklerinde daha az düşüş olduğu saptanmıştır. Başlangıçta taze örneklerin askorbik asit içeriği 67,71 mg/100 mL iken konvansiyonel pastörizasyon işlemi sonrası 52,42 mg/100 mL ve mikrodalga ile pastörizasyon işlemi sonrası 54,29 mg/100 mL olarak belirlenmiştir. Konvansiyonel pastörizasyon işleminde askorbik asit miktarındaki azalmanın daha fazla olması, numunelerin ısıya daha uzun süre maruz kalmasıyla ısıya duyarlı C vitamini bozulmasından kaynaklanıyor olabilir. Uygulanan tüm mikrodalga ile hacimsel ısıtma işlemleri, mikrodalga teknolojisinin gıda işleme endüstrisinde klasik yöntemlere iyi bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, mikrodalga ısıtma işleminin farklı ısıtma teknolojileri ile kombinasyon sistemleri, yapılan işlemlerin etkinliğini arttırmaktadır.

2.4.2.3. Ultrases-Destekli Mikrodalga Pastörizasyon

Gıdanın besinsel ve organoleptik özelliklerindeki değişiklikleri en aza indirmesi amacıyla geleneksel termal teknolojilere alternatif olarak ortaya çıkmış yenilikçi bir diğer pastörizasyon yöntemi; ultrases yöntemidir (Paniagua-Martínez vd., 2018). Ultrases, biyoteknolojide sıklıkla uygulanmasına rağmen gıdaların pastörizasyon işleminde nispeten yeni bir teknolojidir (Erte vd., 2020). Ultrasonik dalgaların spektrumu, genellikle duyulabilir aralık olan 20 kHz'den daha fazla ve mikrodalga frekanslarından daha düşük olan 10 MHz'e kadar uzanan frekans aralığını içermektedir (Singla ve Sit, 2021). Frekans aralığına göre üç tip ultrases sınıflandırılmaktadır: güçlü ultrases (20 – 100 kHz), yüksek frekanslı ultrases (100 kHz – 1 MHz) ve tanısal ultrases (1 – 10 MHz). Yüksek frekanslı ultrases ve tanısal ultrases sağlık sektöründe kullanılırken, güç ultrasesi farklı gıda işleme alanlarında kullanılmaktadır (Yuan vd., 2021).

Genel olarak ultrases kaynaklı etki, ultrasesin sıvı ortamda yayılması sırasında kabarcıkların oluşması ve patlamasıyla oluşan kavitasyon mekanizması ile ilişkilidir (Khadhraoui vd., 2021; Saikia vd., 2016). Gıda ürünlerinde veya bileşenlerine yüksek güçlü ultrases uygulandığında bu kabarcıklar patlayıp, hücre zarı boyunca yoğun şok dalgaları ve serbest radikaller üretmektedir. Bu sayede ısı veya kütle transfer işlemleri artmakta, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar yavaşlamakta, enzimler ve mikroorganizmalar inaktive olmaktadır (Rojas vd., 2021; Alabdali vd., 2021). ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), ultrases işleminin meyve sularında 5 log oranında mikrobiyal azalma gereksinimlerini karşıladığı kabul etmektedir. Yapılan çalışmalar, 0,4 – 37,5 µm genlik aralığında 10 dk. ultrases uygulanan örneklerde *E. coli* popülasyonu 5 log oranında düştüğü rapor edilmiştir (B. K. Tiwari vd., 2010). Ayrıca ultrases yönteminin bir çeşidi olan termosonikasyon işlemi, ürüne ısı ve ultrases işleminin birlikte uygulanmasıdır. Aakil vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada, üzüm suyunun 60 °C'de 60 dk. boyunca termosonikasyon işlemi ile muamelesinde, mikrobiyal hücrelerin tamamen inaktive edildiğini gözlemlemiştir. Mikrobiyal güvenlik için termosonikasyonun etkisinin, ultrases veya ısının bireysel tedavisinden daha güçlü olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, ultrases pastörizasyon teknolojisinin mikrodalga ısıtma ile kombinasyonunun mikrobiyal ve enzim inaktivasyonu açısından daha etkili; besinsel ve duyuşal özellikler açısından daha verimli olduğu literatür çalışmalarıyla desteklenmiştir. Çizelge 2.2' de ultrases destekli mikrodalga ısıtmanın ürün kalitesi üzerine etkileri, işlem parametreleri ile birlikte sunulmuştur.

Kernou vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, portakal suyunun 60 dakikalık ultrases ile pastörizasyonunda yalnızca 1,3 log azalma elde edildiği için *E. coli* bakterilerinin inaktive edilmesinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür; ancak 20 dakikalık ultrases işleminin ardından 900 W ve 30 saniyelik mikrodalga işleminin uygulanması *E. coli* popülasyonu üzerinde 8,0 log azalma sağlamıştır. Ayrıca işlem süresinin daha kısa olması, enerji tasarrufu açısından endüstriyel kullanımda büyük bir avantaj sağlayabilir. Sasikumar vd. (2019), meyve suyu örneklerinde konvansiyonel, mikrodalga, ultrases ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulayarak duyu analizi gerçekleştirmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon yöntemiyle işlenen meyve suyu örnekleri renk, tat ve ağız hissi gibi duyu özellikler ve kabul edilebilirliği açısından en yüksek puanı almıştır. Ultrases destekli mikrodalga işlemi ile muamele edilmiş örneklerin daha fazla beğenilmesi, meyvelerin parlak kırmızı renginden sorumlu olan antosiyaninlerin bu işlemde daha az etkilenecek duyu kaliteyi iyileştirmesi ile ilişkilendirilebilir.

Yapılan literatür çalışmaları, ultrases destekli pastörizasyon yöntemi ile çeşitli meyve suyu örneklerine ısı işlem uygulandığında, konvansiyonel pastörizasyon veya diğer teknolojilerin bireysel olarak uygulamalarına kıyasla daha etkili sonuçlar elde edildiğini kanıtlar niteliktedir.

Çizelge 2.2. Ultrases işleminin meyve suyu endüstrisinde kullanımını ve kalite üzerine çeşitli etkilerini ele alan literatür çalışmaları

Hammadde	İşlem Parametresi	Kalite Üzerine Etkisi	Kaynakça
Portakal	US: 42 kHz; 20 °C; 20 dk. MD: 900 W; 30 s	Portakal suyunda ultrases destekli mikrodalga işleminin mikrobiyal açıdan kalitenin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. <i>Escherichia coli</i> popülasyonunda 8,0 log'luk bir azalma, ultrases işleminin (20 dk.) ardından mikrodalga (900 W – 30 s) işleminin kombinasyonu ile gözlenmiştir. Ultrases ön işlemi ile meyve suyunun viskozitesi ve pektin içeriği azalmış ve böylece meyve suyunun bulanıklık değerinde azalma gözlenmiştir. Ayrıca, ultrasesin portakal suyundaki biyoaktif bileşiklerin korunumunu artırdığı rapor edilmiştir.	Kernou vd., 2021
Vişne	US: 799,57 W; 6 dk. MD: 541,7 W; 41 °C; 6 dk.	Ultrases ve mikrodalga işleminin kombine uygulanması ile geleneksel yöntemle kıyasla vişne suyunun kalite özelliklerinin (C vitamini içeriği %14, toplam fenolik madde içeriği %1, toplam antosiyanin içeriği %6) daha iyi korunduğu belirlenmiştir.	Samani vd., 2016
Şişe Kabağı	US: %80 genlik, 15 dk. MD: 750 W; 70 °C	Mikrodalga ve ultrasesin kombine uygulanması ile <i>Listeria monocytogenes</i> sayısında yaklaşık 5 log azalma gözlenmiştir. Ayrıca konvansiyonel işlenmiş şişe kabağı suyuna kıyasla daha üstün antioksidan kapasite, vitamin içeriği, fizikokimyasal özellikler göstermiştir.	Das vd., 2020
Yıldız Meyvesi	600 W; 44 kHz; 25 – 45 °C; 15, 30, 45 ve 60 dk.	Ultrases işlemi ile yıldız meyvesi suyunda toplam fenolik ve flavonoid içeriği konvansiyonel yöntemle göre artmış ve yeterli mikrobiyal inaktivasyon sağlanmıştır.	Nayak vd., 2018
Pitaya	190 – 570 W; 20 – 25 kHz, 70 °C; 5 – 40 dk.	Ultrases işlemi uygulanmış pitaya suyu örneklerinde polifenol oksidazın etkin bir şekilde etkisizleştirildiği ve polifenollerin %92,97 oranında korunduğu belirlenmiştir.	Liao vd., 2020
Fil Elması	44 kHz; 30 – 50°C; 15 – 60 dk.	Ultrases uygulaması ile fil elma sularının antioksidan kapasite değerlerinin taze (%43,21) ve konvansiyonel işlenmiş örneklere (%40,14) kıyasla önemli ölçüde korunduğu ($P<0,05$) ve bu değerlerin 44,18 – 64,87 µmol TE/g arasında değiştiği rapor edilmiştir.	Nayak vd., 2020

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında kullanılan ve Şekil 3.1’de görülen koruk meyvesi (*Vitis vinifera* L.), Aydın ve çevresindeki yerel üreticilerden temin edilmiştir. Temin edilen koruklar Aydın Adnan Menderes Üniversitesi laboratuvarlarına getirilmiştir. Korukların sapları ve yaprakları temizlenip, kullanılacağı zamana dek buzdolabında muhafaza edilmiştir. Koruklar, her işlem için eşit miktarda olacak şekilde 18 eşit parçaya bölünmüş ve işlemlere hazır hale getirilmiştir. (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Koruk meyvesinin genel görünümü



Şekil 3.2. Pastörizasyon aşaması için koruk örneklerinin hazırlanması

3.2. Kullanılan Kimyasallar

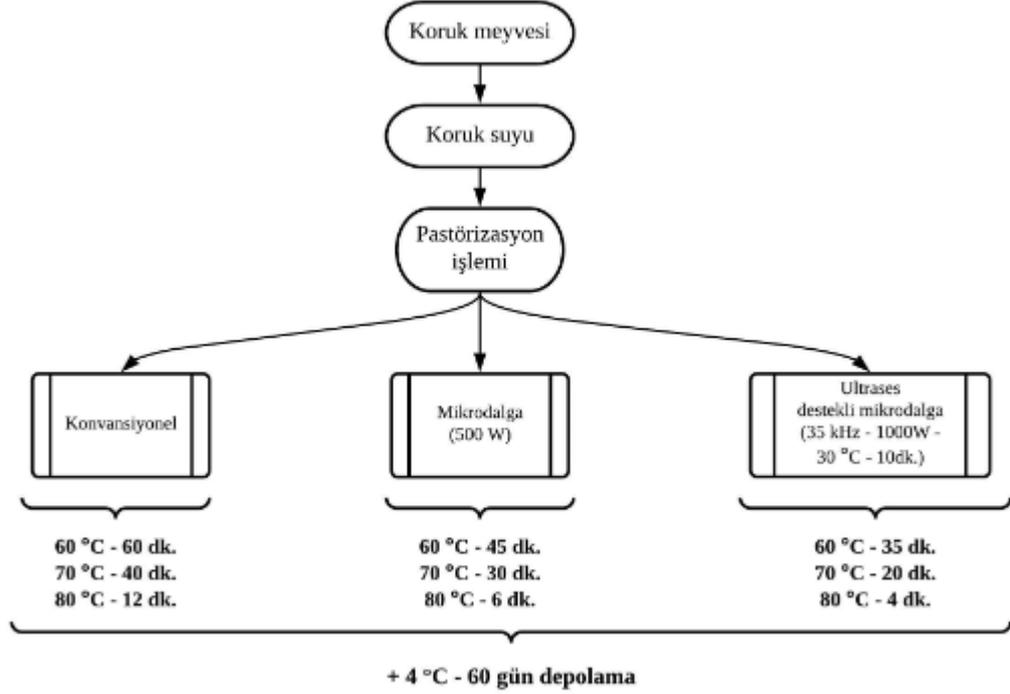
Tez çalışması kapsamında kullanılan kimyasallar; sodyum hidroksit (Tekkim Kimya–100418163001), fenolftalein (Sigma-Aldrich – 33518 – 100G), sodyum hidroksit (Tekkim Kimya–100418163001), Folin-Ciocalteu ayırıcı (Merck – 1.09001.0500), etanol (Tekkim Kimya – 020118185001), sodyum karbonat (Tekkim Kimya – 170530.00502), 2,2-difenil-1pikrilhidrazil (DPPH) (Aldrich – D9132-1G), 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) (Roche Diagnostics – 10102946001), monobazik sodyum fosfat (Sigma-Aldrich – S0751-100G), dibazik sodyum fosfat (Sigma-Aldrich – 04272-1KG), sodyum klorür (Merck – 1.06404.1000), potasyum persülfat (Merck – 1.05091.1000), sodyum klorür (Merck – 1.06404.1000), alüminyum klorür heksahidrat (Merck – 1.01084.1000), laktik asit (Tito – E270), patates dekstroz agar (Merck - 70139-500G), plate count agar (Merck - 70152-500G), pektin (Sigma-Aldrich – 93854-100G), sodyum nitrit (Sigma-Aldrich – 237213 – 100G).

3.3. Yöntem

3.3.1 Isıl İşlem Uygulamaları

Koruk suyuna konvansiyonel pastörizasyon (1), mikrodalga pastörizasyon (2) ve ultrases-destekli mikrodalga pastörizasyon (3) işlemleri uygulanmıştır. Pastörizasyon süreleri kalıntı PME aktivitesinin %10 ve altına düşürülmesi dikkate alınarak belirlenmiş ve işlemler 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir.

Koruk örnekleri katı meyve sıkacağı (Tefal Simply Invents, Fransa) ile sıkılmış ve elde edilen koruk suları otoklav şişelerine eşit hacimde (250 mL) doldurulmuştur. Şekil 3.3'te uygulanan tüm işlemlere ait akış şeması gösterilmiştir. Pastörizasyon işlemleri sonrası pastörize koruk suyu örnekleri steril cam tüplere sıcak dolum yapılmış ve tüpler analizlere dek +4 °C'de depolanmıştır.



Şekil 3.3. Koruk suyuna uygulanan pastörizasyon yöntemlerine ait genel akış diyagramı

3.3.2 Pastörizasyon Yöntemleri

3.3.2.1. Konvansiyonel Pastörizasyon

Konvansiyonel pastörizasyonda kontaminasyon riski olmaksızın sıcaklık değişimini rahatlıkla izleyebilmek için %3'lük sükröz çözeltisi içeren şişeye ısıl çift (thermocouple) batırılmıştır (Şekil 3.4). Otoklav şişelerinin 1/3'ü suyun içinde olacak şekilde su banyosuna (Microtest MCS-30, Türkiye) yerleştirilmiştir. Daha sonra koruk sularının sıcaklıkları hedef sıcaklığa gelene kadar geçen sıcaklık-süre değişimleri kaydedilmiştir. Hedef sıcaklığa ulaşıldığında Çizelge 3.1'de belirtilen süreler boyunca işlemler sürdürülmüştür. Ardından huni yardımıyla steril bir şekilde tüplere sıcak dolum yapılmıştır. Örnekler analiz zamanına kadar +4 °C'de saklanmıştır.

Çizelge 3.1. Konvansiyonel pastörizasyona ait sıcaklık ve süre normları

Pastörizasyon Sıcaklığı (°C)	Süre (dk.)
60	60
70	40
80	12



Şekil 3.4. Konvansiyonel pastörizasyon

3.3.2.2. Mikrodalga Pastörizasyon

Mikrodalga destekli ısıtma yöntemi için, karıştırma işleminin yapılabilmesi için şişenin içine steril manyetik balık atılmıştır. Şişeler mikrodalga cihazına (Sineo Mas II Plus, Şangay, Çin) ortalanarak koyulmuştur (Şekil 3.5). Tüm ısıtma işlemleri 500 W gücünde uygulanmıştır. Mikrodalga ısıtma işlemi uygulanan örneklerin işlem sıcaklığına ulaşana kadar geçen sıcaklık-süre değişimleri kaydedilmiştir. Koruk suyu hedeflenen işlem sıcaklıklarına (60, 70 ve 80 °C) ulaştığında süre başlatılmıştır. İşlem sonunda huni yardımıyla steril bir şekilde sıcak dolum yapılmıştır. Çizelge 3.2’de uygulanmış olan tüm pastörizasyon parametreleri belirtilmiştir. Örnekler analiz zamanına kadar steril koşullarda +4 °C’de saklanmıştır.

Çizelge 3.2. Mikrodalga ısıtma işlemine ait sıcaklık ve süre normları

Pastörizasyon Sıcaklığı (°C)	Süre (dk.)
60	45
70	30
80	6



Şekil 3.5. Mikrodalga ünitesinde pastörizasyon işlemi

3.3.2.3. Ultrases Destekli Mikrodalga Pastörizasyon

Ultrases-destekli mikrodalga işlemi için ilk olarak koruk suyu örneklerine 30 °C’de 1000 W güçte (35 kHz) 10 dakika boyunca ultrases ön işlemi uygulanmıştır. Ultrases ön işleminden sonra tüm örnekler 20 °C başlangıç sıcaklığına gelmeleri için bekletilmiştir. Ardından koruk suyu örnekleri mikrodalga ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Mikrodalga pastörizasyon işlemi sırasında koruk suyu örneklerinin sıcaklığının hedef sıcaklıklar olan 60, 70 ve 80 °C’ye ulaşmaya kadar sıcaklık-süre parametrelerindeki değişimler kaydedilmiştir. İşlem sıcaklığına ulaşan örneklerde Çizelge 3.3’te belirtilmiş olan sürelerde mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. İşlemler sonrası örnekler analiz gününe kadar +4 °C’de bekletilmiştir.

Çizelge 3.3. Ultrases-destekli mikrodalga ısıtma işlemine ait sıcaklık ve süre normları

Pastörizasyon Sıcaklığı (°C)	Süre (dk.)
60	35
70	20
80	4

3.4. Analizler

3.4.1. Koruk Suyunda pH Analizi

Koruk sularında pH analizi için numuneden belirli bir miktar alınıp behere konulmuştur. Ardından pH metre (WTW Inolab 7110, Almanya) kullanılarak pH ölçümü yapılmıştır (Cemeroğlu, 2010).

3.4.2. Koruk Suyunda Toplam Asitlik Tayini

Toplam asitlik tayini yapılırken pH analizi için hazırlanan koruk suları kullanılmıştır. Homojen bir örnek elde etmek amacıyla vortekslenmiş (ISOLAB, Almanya) koruk suyundan 2 mL alınıp erlene aktarılmış ve 10 mL saf su erlene eklenmiştir. İndikatör olarak fenolftalein çözeltisinden 2 damla eklenmiş ve bürete 0,1 N NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisi doldurulmuştur. Kalıcı bir renk değişimi gözlenene kadar titrasyon yapılmıştır. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı, NaOH'un mili eşdeğer tartarik asit değeriyle (0,1 N NaOH'un 1 mL'si için 0,0075 g) beraber koruk sularının toplam asitlik değeri "g tartarik asit eşdeğeri (TAE)/100 g" cinsinden hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\text{Titrasyon Asitliği (\%)} = \frac{V \times N \times E}{M} \times 100 \quad (3.1)$$

V: Harcanan NaOH miktarı, mL

N: Çözeltide kullanılan NaOH normalitesi

E: 1 mL 0,1 N NaOH'in eşdeğer tartarik asit miktarı, g

M: Örnek miktarı, mL veya g

3.4.3. Koruk Suyunda Suda Çözünebilen Kuru Madde (ÇKM) Tayini

Refraktometre (SOIF DBR92, Çin) kullanılarak ÇKM miktarı belirlenmiştir. Örnekten bir miktar alınıp refraktometrenin haznesine koyulmuş ve briks değerleri ölçülmüştür. Ardından okunan değerler kaydedilmiştir (Nayak vd., 2020).

3.4.4. Koruk Suyunda Viskozite Ölçümü

Meyve suyunda viskozite ölçümü, rotasyonel viskozimetre (Fungilab Expert L, İspanya) kullanılarak 25 °C'de ölçülmüştür. Koruk suyu örneği 200 rpm'de dönen TR11 tipi mil ile numune tutucuya yerleştirilmiştir ve 30 s sonra görünür viskozite değeri "mPa.s" cinsinden kaydedilmiştir (Nayak vd., 2020).

3.4.5. Koruk Suyunda Renk Değerleri Ölçümü

Homojenize edilmiş örnekten bir miktar alınıp yaklaşık 2,5 cm çapında olan hazneye örnekten bir miktar koyulmuştur (PCE-CSM 1, Almanya). Daha sonra renk ölçüm cihazı olan kolorimetre haznenin üzerine yerleştirilmiştir. Renk için, Hunter Lab birimleri L^* (açıklıktan karanlığa), a^* (kırmızılıktan yeşile) ve b^* (sarılıktan maviliğe) olarak ifade edilmiştir. Ölçümler bu birimler türünden kaydedilmiştir. Ardından aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla örneklerin renk farkı değeri hesaplanmıştır (Devi vd., 2021).

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

ΔE : Renk değerleri değişimi

L_0^* : Taze örneğe ait L^* değeri

L^* : İşlem görmüş örneğe ait L^* değeri

a_0^* : Taze örneğe ait a^* değeri

a^* : İşlem görmüş örneğe ait a^* değeri

b_0^* : Taze örneğe ait b^* değeri

b^* : İşlem görmüş örneğe ait b^* değeri

3.4.6. Koruk Suyunda Bulanıklık Analizi

Meyve suyunda bulanıklık analizi Nayak vd. (2018)'a göre gerçekleştirilmiştir. Meyve suyundan 5 mL alınıp falkon tüpüne aktarılmıştır. Hazırlanan falkon tüpü oda sıcaklığında 1026g'de 10 dk. (NÜVE NF 800R, Türkiye) santrifüjlenmiştir. Süpernatant alınıp hem bulanıklık hem de esmerleşme indeksi analizleri için kullanılmıştır. Bulanıklık analizi için süpernatanttan 2 mL alınmış ve kör olarak suya karşı okunmuştur. Spektrofotometrede (SOIF UV 5100H, Çin) 660 nm'de ölçülen absorbans değerleri kaydedilmiştir.

3.4.7. Koruk Suyunda Esmerleşme İndeksinin Belirlenmesi

Bulanıklık analizinde hazırlanan süpernatanttan 2 mL alınıp üzerine eşit hacimde 1:1 (v/v) etanol eklenmiştir. Karışım 1026g'de 10 dk. santrifüjlendikten sonra elde edilen süpernatant spektrofotometrede (SOIF UV 5100H, Çin) 420 nm'de suya karşı okunmuştur (Nayak vd., 2018).

3.4.8. Koruk Suyunda Fenolik Madde Tayini

Fenolik madde tayini Yılmaz vd. (2021)'ne göre çeşitli modifikasyonlarla belirlenmiştir. Toplam fenolik madde tayini gallik asit standartı kullanılarak Folin-Ciocalteu metoduna göre spektrofotometrik ölçümle belirlenmiştir. Buna göre, 2,37 mL saf su içeren test tüpüne öncelikle 1:8 (v/v) oranında seyreltilmiş olan 30 µL örnek eklenmiştir. Ardından 150 µL Folin Ciocalteu ayracı eklenip, tüp vortekslelendikten sonra 8 dk. karanlıkta tutulmuştur. Daha sonra 450 µL doymuş Na₂CO₃ (sodyum karbonat) eklenip, tekrar vortekslelendikten sonra 30 dk. karanlık ortamda tutulmuştur. Aynı işlem kör hazırlamak üzere uygulanmış olup işlemde farklı olarak 30 µL ekstrakt yerine saf su kullanılmıştır. Örneklerin absorbans değerleri 750 nm'de UV-VIS (SOIF UV 5100H, Çin) spektrofotometrede köre karşı okunmuştur. Ölçülen absorbans değerleri ve gallik asit standart eğrisi kullanılarak sonuçlar "mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100g" cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.9. Koruk Suyunda Toplam Flavonoid Madde Analizi

Toplam flavonoid madde analizi, Yılmaz vd. (2021)'nin belirlediği yönteme göre yapılmıştır. Öncelikle 1:8 (v/v) oranında seyreltilmiş olan örnekten 1 mL alınıp üzerine 300 µL %5'lik sodyum nitrit (NaNO₂) çözeltisi eklenmiş ve ardından karanlıkta 5 dk. boyunca tutulmuştur. Daha sonra 300 µL %10'luk AlCl₃.6H₂O (alüminyum klorür heksahidrat) eklenip 1 dk. boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Ardından, 1 dk. beklenip 2 mL 1 M NaOH (sodyum hidroksit) eklenmiş ve sonrasında 2,4 mL saf su eklenip 510 nm'de UV-VIS (SOIF UV 5100H) spektrofotometrede absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar "mg kateşin eşdeğeri KE/100 g" cinsinden verilmiştir.

3.4.10. Koruk Suyunda DPPH ve ABTS Antioksidan Kapasite Analizleri

3.4.10.1. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Tayini

Ekstraktların antioksidan kapasiteleri Gençdağ vd. (2021) tarafından rapor edilmiş DPPH (2,2diphenyl-1-picrylhydrazyl) metoduna göre bazı modifikasyonlarla belirlenmiştir. Analiz için öncelikle 2,9 mL DPPH çözeltisi (0,1 mM) tüplere ilave edilmiştir. Bu işlemin ardından 100 µL 1:8 (v/v) oranında seyreltilmiş olan örnek her bir tüpe eklenmiş ve karanlık ortamda 30 dk. oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. UV-VIS spektrofotometre (Shimadzu V1800, Japonya) kullanılarak 517 nm'de absorbans değerleri okunmuş ve kör için etanol kullanılmıştır. Oluşturulan kalibrasyon eğrileri ile örneklerin antioksidan kapasite değerleri "µmol Troloks eşdeğeri (TE)/100 g örnek" cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.10.2. ABTS Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Tayini

ABTS yöntemi ile antioksidan kapasite tayini, Gençdağ vd. (2021) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. ABTS 0,384 gr tartılıp 3 mL saf suda çözdürüldükten sonra 10 mL'lik balon jöjeye dikkatli bir şekilde aktarılmıştır. Çözeltiye 12,25 mM K₂S₂O₈ (potasyum persülfat) çözeltisinden 2 mL eklenip, kalan hacim 10 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanmış olan bu çözelti 12-16 saat arasında bekletilmiştir. Bu aşamalar sonucunda 2,45 mM K₂S₂O₈ (potasyum persülfat) içeren 7 mM ABTS radikal çözeltisi hazırlanmıştır. Ardından PBS

(Phosphate buffer saline, pH 7,4) çözeltisi hazırlanmıştır. PBS çözeltisinin hazırlanması için öncelikle 19 mL 0,2 M NaH₂PO₄.H₂O (monobazik sodyum fosfat) çözeltisi ile 81 mL 0,2 M Na₂HPO₄ (dibazik sodyum fosfat) çözeltileri karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım 1 L'lik balon jöjeye dikkatli bir şekilde aktarılmıştır. Hazırlanan çözeltiliye 8,77 g sodyum klorür eklenip kalan hacim 1 L'ye saf su ile tamamlanmıştır.

ABTS radikal çözeltisi, PBS çözeltisi ile UV-VIS (Shimadzu V-1800, Japonya) spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans değeri yaklaşık 0,700 (±0,02) olana dek seyreltilmiştir. Seyreltilmiş olan ABTS radikal çözeltisinden spektrofotometre küvetine 2,98 mL aktarılıp, başlangıç (0. dk.) absorbans değeri kaydedilmiştir. Ardından radikalın bulunduğu küvete 20 µL 1:8 (v/v) oranında seyreltilmiş olan örnekten ilave edilip altı dakikalık süre başlatılmıştır. Altı dakika sonunda 734 nm'deki absorbans değeri (6. dk.) not edilmiş ve yüzde inhibisyon değeri, aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{inhibisyon} = [((0. \text{ dk. absorbans}) - (6. \text{ dk. absorbans})) / (0. \text{ dk. absorbans})] \times 100 \quad (3.3)$$

ABTS yöntemi için kalibrasyon eğrisi, troloksun farklı konsantrasyonlarına karşı yüzde inhibisyon sonuçları ile elde edilen eğri ile oluşturulmuştur. Elde edilen kalibrasyon eğrileri ile örneklerin %inhibisyon sonuçları kullanılmış, antioksidan kapasite değerleri “µmol Troloks eşdeğeri (TE)/100 g örnek” cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.11. Koruk Suyunda Pektin Metilesteraz (PME) Aktivitesi Analizi

PME aktivitesi analizi Siguemoto vd. (2018) tarafından belirtilen yöntem baz alınarak yapılmıştır. Analiz için 25 mL %1'lik pektin çözeltisi bir behere aktarılmış ve ısıtıcılı manyetik karıştırıcı kullanılarak çözelti sıcaklığının 30 °C olması sağlanmıştır. Ardından koruk suyu numunesinden 2 mL ilave edilmiştir (Şekil 3.6). Hazırlanan çözeltiliye farklı konsantrasyonlarda sodyum hidroksit (NaOH) çözeltileri ilave edilerek pH metre (İnolab 7110, WTW, Almanya) yardımıyla çözeltinin pH değerinin 7,5'e ayarlanmıştır. Çözeltinin pH değeri 7,5'e ulaştığı anda 15 dakikalık süre başlatılmıştır. Süre boyunca 0,01 N NaOH kullanılarak çözeltinin pH değerinin 7,5'te kalması sağlanmıştır. Bu aşamada harcanan NaOH miktarı belirlenmiş ve bu miktara göre PME aktivitesi değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$A\left(\frac{PME}{mL}\right) = \frac{VxNx100}{V'xt} \quad (3.4)$$

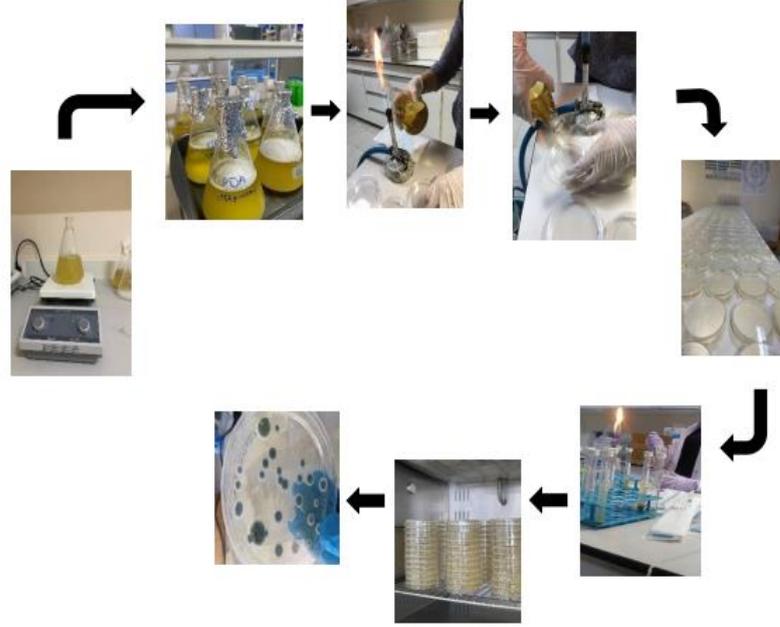
Denklemdede V , Tüketilen NaOH çözeltisi (mL); N , NaOH çözeltisinin normalitesi; V' , Örnek hacmi (mL); t , İşlem süresini (dk.) belirtmektedir.



Şekil 3.6. Pektin metilesteraz aktivitesinin belirlenmesi

3.4.12. Koruk Suyunda Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyoloji analizleri için bek alevi altında steril koşullarda çalışılmıştır. Analiz boyunca homojen örnekler elde etmek amacıyla ekim işlemlerinden önce örnek tüpleri vortekslenmiştir. Seyreltme gerçekleştirilmeyen örnek (10^0) için ana stok tüpünden 500 μ L direkt olarak petriye ekim yapılmıştır. Ardından drigalski spatülü yardımıyla örnek agar üzerine yayılmıştır. İlk seyreltme olan 10^{-1} için serum fizyolojik içeren tüpe ana stoktan 10 kat; 10^{-2} için ise 100 kat seyreltilmiş örnekten ekim yapılmıştır. Analiz aşamalarına ait görseller Şekil 3.7'de gösterilmiştir (Gómez-Govea vd., 2012).



Şekil 3.7. Mikrobiyoloji analiz süreçleri

3.4.12.1. Toplam Canlı Analizi

Steril bir biçimde hazırlanmış olan plate count agar (PCA) üzerine Gómez-Govea vd. (2012) tarafından belirtildiği gibi yayma plaka yöntemiyle ekim yapılmıştır. Ardından petri kapları 35 °C’de 48 saat süreyle inkübe edilmiş, inkübasyon sonunda petri kaplarında oluşan koloni sayımları gerçekleştirilmiş ve sonuçlar “koloni oluşturan birim (KOB)/g” cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.12.2. Toplam Küf/Maya Analizi

Steril bir ortamda küf-maya analizlerinde patates dekstroza agar (PDA: patato dekstroza agar) kullanılarak yayma plaka yöntemi kullanılmıştır. Numuneler 5 gün 25 °C’de inkübe edilmiştir (Gómez-govea vd., 2012). Sonuçlar ise “KOB/g” cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.13. İstatistiki Analizler

Verilerin istatistiki değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS 7,0, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerde, sonuçlar üzerine parametrelerin etkisi varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılık Duncan çoklu karşılaştırma testi ile $P<0,05$ düzeyinde belirlenmiştir. Ayrıca, sonuçlar arasındaki ilişki Pearson korelasyon testi kullanılarak incelenmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Pastörizasyon İşlemlerinin Koruk Suyunun Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Biyoaktif Özellikleri Üzerine Etkileri

Çalışmanın ilk aşamasında, pastörizasyon işlemlerinin (konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga) ve soğukta depolamanın (0 – 60 gün) koruk suyunun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla pH, toplam asitlik, briks ($^{\circ}\text{Bx}$), toplam renk farkı (ΔE), viskozite, enzim aktivitesi, bulanıklık ve esmerleşme indeksi analizleri gerçekleştirilmiştir. Meyve suyu endüstrisinde uygulanan ısı işlemlerin en temel amacı, mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu ile meyve suyunun raf ömrünü uzatmaktır (Şkegro vd., 2021). Bu amaçla taze koruk suyu ile beraber pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun mikrobiyal stabilitesi üzerine etkileri toplam canlı ve toplam küf/maya analizleri uygulanarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, ısı işlemlerin etkisinin belirlenmesi amacıyla, biyoaktif özellikler ile ilişkili olan toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve toplam antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS) analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.2. Koruk Suyunda pH, Toplam Asitlik ve Briks Değeri

Koruk sularına üç farklı sıcaklıkta (60, 70 ve 80 $^{\circ}\text{C}$) konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemleri uygulanmış ve uygulanan işlemler ile birlikte soğukta depolama sürecinin pH değeri üzerine olan etkileri Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Meyve suyunda pH analizi kullanılan meyveye bağlı olarak farklılık gösteren ve bulanıklık değeri ile vitamin stabilitesini etkileyen önemli bir fizikokimyasal parametredir (Leahu vd., 2013). Isıl işlem uygulanmamış taze koruk suyunun pH değeri 2,67 olarak tespit edilmiştir. Literatür ile karşılaştırıldığında, Kaya vd. (2018) ve Kaya vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda taze koruk suyunun pH değerleri sırasıyla 2,61 ve 2,69 olarak rapor edilmiştir. Ayrıca, Dupas de Matos vd. (2017) tarafından yapılmış bir çalışmada, farklı olgunlaşma sürelerine sahip üzüm türlerinden elde edilen taze koruk sularının pH değerlerinin 2,56 ile 2,91 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmalarda meydana gelen bu farklılıkların koruk üzümünün türü ve olgunlaşma sürelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak,

mevcut çalışmadaki taze koruk örneğine ait pH değeri literatür verileri ile uyumluluk göstermektedir.

Pastörizasyon işlemleri sonrasında, işlenmiş koruk suyu örneklerinin pH değeri 2,66 ile 2,75 arasında değişmiştir. Konvansiyonel ve ultrases destekli pastörizasyon işlemleri ile taze koruk suyuna kıyasla daha yüksek pH değerleri (2,68 – 2,75) elde edilmiştir. Isıl işlemler sonrasında pH değerlerinde görülen artış, termal işlemler ve sonikasyon ön işlemi ile sitrik, malik ve askorbik asitlerin bozulması ile ilişkilendirilebilir (do Amaral Souza vd., 2019). Tüm pastörizasyon yöntemleri arasında mikrodalga pastörizasyon (60, 70 ve 80 °C) ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon (80 °C) ile elde edilen pH değerlerinin taze koruk suyunun pH değerine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir ($P>0,05$). Benzer şekilde elma suyunda yapılan bir çalışmada, farklı güç ve sürelerde uygulanan mikrodalga pastörizasyon yönteminin pH değeri üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı rapor edilmiştir (Canumir vd., 2002). Glevitzky vd. (2007) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, pastörizasyon işlemlerinin (60 ve 80 °C) meyve suyunun pH değerinde anlamlı bir değişim oluşturmadığı rapor edilmiştir. Buna ek olarak zaman-sıcaklık optimizasyonu yapılan bir çalışmada, portakal suyunda mikrodalga pastörizasyon ile işlem sıcaklığının 70 °C'den 90 °C'ye çıkarılması ile elde edilen pH değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Amaro ve Tadini, 2021b). Konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon yöntemlerinde artan işlem sıcaklığının koruk suyunun pH değerleri üzerindeki değişimi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Ultrases destekli mikrodalga işleminde, sıcaklığın 60 °C'den 80 °C'ye yükselmesi ile koruk suyunun pH değerinde %2,5 oranında bir düşüş gözlenmiştir. Ultrases ön işlemi ile pH değerindeki bu düşüş, hücrenin temel dokusu olan parانشima hücre duvarlarının yüksek sıcaklık etkisi ve ultrases dalgalarının oluşturduğu yüksek mekanik etki ile parçalanmasından kaynaklanabilir.

Isıl işlem uygulanmış koruk suyu örneklerinde depolama süresince pH değişimi incelendiğinde, 30 günlük depolama sonunda pH değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir artış gözlemlenirken ($P<0,05$), daha uzun depolama sürelerinde (45 ve 60 gün) ilk gün elde edilen pH değerlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Depolama sürecinde pH değerinde gözlemlenen artış, olası mikrobiyal gelişim sonrasında mikroorganizmaların protein kaynakları tüketmesi ile ortaya çıkan bileşiklerin varlığı ile açıklanabilir (Vahedi vd., 2008). Buna ek olarak Tiwari vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, depolama süresince pH değeri artışı, bozulma veya fermantasyon başlangıcıyla ilişkilendirilmiştir. Mala vd. (2021)'nin gerçekleştirdiği bir çalışmada, termosonikasyon yöntemi ile pastörize edilmiş ananas suyu 28 günlük depolama

işlemine tabi tutulmuş ve depolama sonucunda meydana gelen pH değişiminin mikrobiyal yük ile direkt olarak bağlantılı olduğu rapor edilmiştir. Benzer bir çalışmada, Igual vd. (2010) tarafından taze greyfurt suyuna konvansiyonel (80 °C – 11 s) ve mikrodalga (900 W – 30 dk.) ısıtma işlemleri uygulanmış ve işlem etkileri 60 günlük depolama süresince incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda mikrodalga ısıtma işlemi sonrasında ve depolama süresince, greyfurt suyunun pH değerindeki değişimin taze örnek ile benzerlik gösterdiği rapor edilmiştir. Rivas vd. (2006) termal ve vurgulu elektrik alan pastörizasyon işlemleri uygulanarak elde ettikleri portakal ve havuç örneklerinin pH değerinin depolama boyunca istatistiki anlamda değişmediğini, ancak daha düşük sıcaklıkta vurgulu elektrik alan ile pastörize edilen örneklerin depolamanın son haftasında (8,5 hafta) pH değerinde bir düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Bu düşüş meyve suyunda meydana gelebilecek olası mikrobiyal bozulma ile ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 4.1. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun pH değeri üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	2,67±0,02 ^{AB}	-	-	-	-
	60 °C	2,70±0,04 ^{a,BC}	2,74±0,02 ^{b,D}	2,78±0,02 ^{c,D}	2,74±0,01 ^{b,C}	2,74±0,02 ^{b,C}
K	70 °C	2,72±0,04 ^{a,CD}	2,73±0,01 ^{ab,CD}	2,76±0,01 ^{b,CD}	2,73±0,01 ^{ab,C}	2,71±0,01 ^{a,BC}
	80 °C	2,72±0,02 ^{ab,CD}	2,72±0,01 ^{ab,BCD}	2,75±0,01 ^{b,BCD}	2,71±0,01 ^{a,BC}	2,70±0,01 ^{a,B}
MD	60 °C	2,68±0,02 ^{a,AB}	2,69±0,01 ^{a,AB}	2,73±0,02 ^{b,ABC}	2,71±0,01 ^{ab,BC}	2,68±0,01 ^{a,AB}
	70 °C	2,66±0,00 ^{a,A}	2,68±0,02 ^{ab,A}	2,70±0,01 ^{b,A}	2,66±0,01 ^{a,A}	2,66±0,01 ^{a,A}
	80 °C	2,68±0,02 ^{a,AB}	2,70±0,02 ^{ab,ABC}	2,73±0,01 ^{b,ABC}	2,69±0,01 ^{a,AB}	2,69±0,01 ^{a,AB}
US + MD	60 °C	2,75±0,03 ^{b,D}	2,75±0,02 ^{b,D}	2,76±0,00 ^{b,CD}	2,71±0,00 ^{a,BC}	2,71±0,01 ^{a,BC}
	70 °C	2,73±0,02 ^{ab,CD}	2,73±0,02 ^{ab,CD}	2,75±0,01 ^{b,BCD}	2,71±0,01 ^{a,BC}	2,71±0,01 ^{a,BC}
	80 °C	2,68±0,00 ^{a,AB}	2,69±0,01 ^{ab,AB}	2,72±0,01 ^{b,AB}	2,67±0,01 ^{a,A}	2,68±0,01 ^{a,AB}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Meyve suyu endüstrisinde suda çözünür toplam kuru madde miktarı olarak ifade edilen briks değeri oda sıcaklığında belirli konsantrasyondaki sakaroz çözeltilisine karşı ölçülen, meyve suyunun kalitesini derecelendirmek amacı ile kullanılan en önemli faktörlerden biridir. Konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemleri (60, 70 ve 80 °C) uygulanarak elde edilen koruk sularının briks değerlerindeki değişim Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Taze koruk suyunun briks değeri 3,80 °Bx olarak bulunmuştur. Dupas de Matos

vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, koruk meyvelerinin olgunlaşma süresi ve türüne bağlı olarak briks değerlerinin 3,80 ile 9,86 °Bx arasında değiştiği rapor edilmiştir. Buna paralel olarak, Kaya vd. (2020) ve Erzeger vd. (2018) tarafından taze koruk suyunun briks değerleri sırasıyla 4,20 °Bx ve 8 – 9 °Bx olarak belirlenmiştir. Literatürde yer alan bu çalışmalar göz önüne alındığında, koruk örneklerinin briks değerlerinde oluşan farklılıkların koruk türüne, olgunluk derecesine, olgunlaşma süresine ve yetiştirme bölgesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlemler sonrasında koruk suyunun briks değerlerinde taze örneğe kıyasla düşüş olduğu gözlenmiş ve koruk suyu örneklerinin briks değerleri 2,95 – 3,45 arasında değişim göstermiştir. Tüm pastörizasyon yöntemlerinin koruk suyu örneklerinin briks değerinde oluşturduğu değişimin istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Orta nemli üzüm ile ilgili bir çalışmada, konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon işlemlerinin briks değerinde düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Çağlar vd., 2021). Isıl işlem sonrası briks değerinde meydana gelen düşüş, organik maddelerin yıkımları ile ilişkilendirilebilir (Phanindrakumar vd., 2015; Çağlar vd., 2021). Ayrıca, konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon yöntemleri kendi arasında incelendiğinde, sıcaklık artışı ile koruk suyunun briks değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, ultrases destekli pastörizasyon işleminde uygulanan sıcaklık artışı ile briks değerinde oluşan değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Literatürde, armut suyu (Saeeduddin vd., 2015), böğürtlen suyu (Tiwari vd., 2009b) ve kırmızı ve sarı karpuz suyu (Yıkılmış, 2020) örnekleri ultrases destekli pastörizasyon işlemine tabi tutulmuş ve sonuç olarak örneklerin briks değerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim olmadığı rapor edilmiştir. Her bir pastörizasyon yöntemi kendi arasında incelendiğinde, sıcaklık artışı ile koruk örneklerinin briks değerinde azalma gözlenmiştir.

Taze koruk suyuna en yakın briks değeri 60 °C'de uygulanan mikrodalga pastörizasyon işlemi ile elde edilmiştir. Taze koruk suyu ile karşılaştırıldığında, en düşük briks değeri (2,95 °Bx) mikrodalga pastörizasyon (80 °C) işlemine tabi tutulan koruk suyu örneğinde tespit edilmiştir. Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon ise, ısı ve ultrases dalgalarının kombine etkisinin makro organik bileşikler üzerindeki parçalayıcı etkisinden dolayı briks değerlerinde %12,8 – 13,4 oranlarında azalmaya neden olmuştur (de Souza Comapa vd., 2019). Depolama sürecinde, artan depolama süresi ile beraber koruk suyu örneklerinin briks değerlerinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Depolama sırasında meyve suyunda bulunan şekerlerin mikroorganizmalar tarafından fermente edilmesi briks değerinde değişmeye yol açabilir (Rivas vd., 2006). Depolama süresince briks değerlerinde görülen artış meyve sularında bulunan

organik asitlerin glukoneogenez ile şekerlere dönüşmesiyle ya da hücre duvarında bulunan galaktosidazlar ve glukosidazlar tarafından çözündürülmesiyle ilişkilendirilmektedir (Kırlangıç vd., 2021).

Çizelge 4.2. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun briks değeri üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	3,80±0,08 ^G	-	-	-	-
K	60 °C	3,23±0,05 ^{a,E}	4,00±0,00 ^{c,F}	3,88±0,13 ^{b,C}	4,15±0,06 ^{d,E}	4,30±0,00 ^{e,B}
	70 °C	3,20±0,20 ^{a,E}	3,65±0,17 ^{b,B}	3,75±0,13 ^{c,B}	4,10±0,08 ^{d,D}	4,30±0,00 ^{e,B}
	80 °C	3,08±0,12 ^{a,CD}	3,60±0,16 ^{b,A}	3,65±0,06 ^{c,A}	4,05±0,14 ^{d,C}	4,25±0,14 ^{e,A}
MD	60 °C	3,45±0,19 ^{a,F}	3,73±0,10 ^{b,D}	3,73±0,11 ^{b,B}	4,35±0,06 ^{c,F}	4,30±0,00 ^{d,B}
	70 °C	3,10±0,14 ^{a,D}	3,60±0,08 ^{b,A}	3,63±0,15 ^{b,A}	4,10±0,18 ^{c,D}	4,28±0,11 ^{d,AB}
	80 °C	2,95±0,19 ^{a,A}	3,60±0,00 ^{b,A}	3,63±0,06 ^{b,A}	4,03±0,10 ^{c,C}	4,35±0,07 ^{d,C}
US + MD	60 °C	3,05±0,07 ^{a,BC}	3,88±0,05 ^{b,E}	3,95±0,13 ^{c,E}	4,15±0,06 ^{d,E}	4,50±0,00 ^{e,E}
	70 °C	3,03±0,15 ^{a,B}	3,67±0,06 ^{b,BC}	3,93±0,14 ^{c,DE}	3,95±0,06 ^{c,B}	4,50±0,00 ^{d,E}
	80 °C	3,03±0,06 ^{a,B}	3,70±0,00 ^{b,CD}	3,90±0,10 ^{c,CD}	3,90±0,08 ^{c,A}	4,45±0,11 ^{d,D}

Veriler "Ortalama±Standart sapma" olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikroalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikroalga pastörizasyon).

Meyve suyu kalitesinin belirlenmesinde toplam asitlik tayini önemli bir kalite kriteri olarak öne çıkmaktadır (Chua ve Leong, 2020). Isıl işlem uygulanmış koruk suyu örneklerinin depolama süresince toplam titre edilebilir asitlik değerlerindeki değişim Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Taze koruk suyunun toplam titre edilebilir asitlik değeri 3,06 g TAE/ 100 g olarak bulunmuştur. Literatür ile karşılaştırıldığında, Kaya vd. (2018) ve Kaya vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda, işlem görmemiş taze koruk sularının titre edilir asitlik değeri sırasıyla %2,89 ve %1,99 olarak belirlenmiştir. Farklı türlerden (*Kabarcık* ve *Yediveren*) elde edilen koruk sularında yapılan analizler sonucunda, toplam titre edilebilir asitlik değerleri sırasıyla %2,48 ve %3,0 olarak rapor edilmiştir (Hayoglu vd., 2009). Koruk suyu örneklerinde belirlenen titre edilebilir asitlik değerlerindeki bu değişimin koruğun yetiştiği toprak, lokasyon ve iklim koşullarından oldukça etkilenmesi ile açıklanabilir. Mevcut tez kapsamında taze koruk suyunda belirlenen toplam titre edilebilir asitlik değerinin literatür bulguları ile benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.3. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam titre edilebilir asitlik (g TAE/100 g) değeri üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	3,06±0,05 ^E	-	-	-	-
K	60 °C	3,04±0,00 ^{ab,DE}	3,06±0,10 ^{bc,D}	3,01±0,02 ^{a,D}	3,07±0,04 ^{bc,C}	3,08±0,05 ^{c,C}
	70 °C	3,04±0,00 ^{c,DE}	2,93±0,08 ^{a,C}	2,99±0,04 ^{b,CD}	3,07±0,05 ^{cd,C}	3,08±0,00 ^{d,C}
	80 °C	3,01±0,08 ^{d,CD}	2,80±0,08 ^{a,A}	2,89±0,04 ^{b,AB}	2,94±0,02 ^{c,A}	2,93±0,00 ^{c,A}
MD	60 °C	3,00±0,18 ^{b,C}	2,85±0,24 ^{a,B}	3,02±0,09 ^{b,D}	3,08±0,05 ^{c,C}	3,08±0,05 ^{c,C}
	70 °C	2,86±0,06 ^{b,A}	2,81±0,07 ^{a,A}	2,86±0,05 ^{b,A}	2,94±0,03 ^{c,A}	2,93±0,06 ^{c,A}
	80 °C	2,85±0,14 ^{b,A}	2,81±0,05 ^{a,A}	2,88±0,02 ^{b,AB}	2,94±0,03 ^{c,A}	2,93±0,00 ^{c,A}
US + MD	60 °C	2,99±0,05 ^{b,C}	2,90±0,09 ^{a,C}	2,91±0,08 ^{a,B}	3,00±0,08 ^{b,B}	2,99±0,02 ^{b,B}
	70 °C	2,88±0,15 ^{b,A}	2,80±0,07 ^{a,A}	2,86±0,06 ^{b,A}	3,02±0,03 ^{c,B}	3,00±0,00 ^{c,B}
	80 °C	2,93±0,29 ^{a,B}	2,91±0,09 ^{a,C}	2,97±0,09 ^{b,C}	3,01±0,04 ^{c,B}	3,00±0,05 ^{bc,B}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Pastörizasyon işlemleri sonrasında koruk suyu örneklerinin titre edilebilir asitlik değerlerinde düşüş gözlemlenmiş ve bu değerler 2,85 ile 3,04 g TAE/100 g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Mikrodalga ve ultrases-destekli mikrodalga pastörizasyon yöntemleri, konvansiyonel yöntemle kıyasla koruk suyunun titre edilebilir asitlik değerinde daha fazla azalma göstermiştir. Konvansiyonel pastörizasyon (60 ve 70 °C) işlemleri ile taze koruk suyunun asitlik değerine benzerlik gösterdiği ve aralarından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Bunun yanı sıra, 80 °C’de uygulanan mikrodalga pastörizasyon işlemi taze koruk suyunun toplam titre edilir asitlik değerinde %6,9 oran ile en fazla düşüş göstermiştir. Çağlar vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, konvansiyonel ve mikrodalga yöntemleri ile pastörize edilmiş kuru üzüm örneklerinin taze örneklerle kıyasla daha düşük titre edilebilir asitlik değeri gösterdiği rapor edilmiştir. Tüm pastörizasyon tekniklerinde artan işlem sıcaklıkları koruk suyu örneklerinin toplam titre edilir asitlik değerinde düşüşe neden olmuştur. Asitlik değerinde en keskin düşüş %6,9 oranı ile mikrodalga işleminde belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işleminde, işlem sıcaklığının 70 °C’den 80 °C’ye çıkarılması asitlik değerinde artış göstermiştir. Benzer sonuçların elde edildiği bir çalışmada (Lamo vd., 2019), pastörizasyon sıcaklığının 75 °C’den 88 °C’ye yükselmesiyle guava suyunun asitlik değerinin arttığı rapor edilmiştir.

Depolama süresince işlenmiş koruk suyu örneklerindeki asitlik değişimi incelendiğinde, konvansiyonel pastörizasyon (80 °C) ile ilk güne kıyasla koruk suyunun asitlik değerindeki düşüş istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Ultrases ön işlemi (60 °C) ise depolama süresince (0 ve 60. gün) koruk suyunun asitlik değerinde anlamlı bir değişim oluşturmamıştır ($P>0,05$). Uzun süreli depolama sonucunda meyve suyunun asitlik değerlerindeki düşüşlerin organik bileşenler ile gerçekleşen kimyasal reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Bhardwaj ve Pandey, 2011). Ayrıca, asitlikte meydana gelen düşüş ve yükselişler asitlik-pH korelasyonuna dayandırılabilir (Hassan vd., 2009). Konvansiyonel (80 °C) ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon (60 °C) dışındaki tüm yöntemler depolama sonunda taze koruk suyuna kıyasla titre edilebilir asitlik değerinde artış göstermiştir. Saeeduddin vd. (2017) konvansiyonel ve ultrases pastörizasyon yöntemi uyguladıkları armut suyu örneklerini 21 günlük bir depolama işlemine tabi tutmuşlar ve depolama sonucunda asitlik değerlerinde anlamlı bir artış meydana geldiğini bildirmişlerdir ($P<0,05$). Asitlik değerinde meydana gelen bu artış, mikrobiyal metabolitlerin mevcudiyetinin ve şekerlerin organik asitlere parçalanmasının bir sonucu olabilir (Nwachukwu ve Ezeigbo, 2013).

Organik asitler meyve sularının aroma ve lezzet oluşumuna katkıda bulunur. Organik asitler biyokimyasal veya fermantasyon süreçleri sonucunda mikroorganizmaların gelişimi ile ortaya çıkabilmektedir. Asitlik meyve suyunda oluşabilecek patojenlere karşı direnç sağlar. Meyve suyunun asitlik değerleri ürünlerin lezzetiyle beraber raf ömrünü de etkileyen önemli bir faktördür (Bhardwaj ve Pandey, 2011). Buna karşın, yüksek asitlik değeri gıda içerisinde bir alkol fermantasyonu veya bozulma olayının başladığının göstergesidir (Esteve vd., 2005). Ultrases destekli mikrodalga (60 °C) işleminde 60 günlük depolama sonunda titre edilebilir asitlik değerindeki değişimin istatistiki olarak anlamlı olmaması ($P>0,05$), optimize edilen koşullar altında kullanılan ultrases işleminin meyve suyunda koruyucu etki yarattığını düşündürmektedir. Ayrıca FDA, yüksek asitli gıda ürünlerinin pastörizasyonu için düşük sıcaklık ve sürelerin kullanılmasını önermiştir (Kaya vd., 2018). Bu öneri de dikkate alındığında, 60 °C’de gerçekleştirilen ultrases destekli mikrodalga yöntemi yüksek kalitede meyve suyu üretiminde gıda endüstrisi açısından ümit verici bir pastörizasyon yöntemi olabilir.

4.3. Koruk Suyunda Viskozite Değeri

Viskozite, bir akışkanın akışa karşı direncinin ölçüsüdür ve “uygulanan kayma geriliminin kayma hızına oranı” olarak tanımlanmaktadır (Kaya, 2018). Meyve suyunda

viskozite ölçümü, formülasyon, işleme ve ürün geliştirmede kalite kontrolünün sağlanması açısından önem arz etmektedir (Shahnawaz ve Shiekh, 2011). Farklı ısıl işlemlerin (K, MD ve US + MD) ve depolama süresinin (60 gün) koruk suyunun viskozite değerleri üzerine etkileri, taze koruk suyu örneği ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Taze koruk suyunun viskozite değeri 3,48 mPa.s olarak belirlenmiştir. Isıl işlemler sonrasında koruk suyu örneklerinin viskozite değerinde artış gözlenmiş ve bu değer 3,80 ile 5,15 mPa.s aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Pastörizasyon işlemleri ayrı ayrı ele alındığında, K, MD ve US + MD işlemleri için koruk suyunun viskozite değerleri sırasıyla 3,80 – 4,20; 4,43 – 4,90; 4,63 – 5,15 mPa.s olarak belirlenmiştir. Rabie vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, taze ve konvansiyonel yöntemle pastörize edilmiş (90 °C, 2 dk.) meyve suyunun kalite özelliklerindeki değişim depolama süresince (5 °C, 21 gün) incelenmiştir. Isıl işlemin meyve suyunun viskozite değerinde %7 oranında bir artışa neden olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, taze örneğe kıyasla ısıl işlem (90 °C, 60 s) uygulanmış mango suyu örneklerinin viskozite değerinde artış tespit edilmiştir. Bu durum, ısıl işlem uygulaması sırasında parçacıkların şişmesi ve suyun selüloz zincirleri arasında difüzyonu ile açıklanabilir, böylece meyve suyunun viskozitesi artar. Ayrıca, yüksek sıcaklık, işlem sırasında hücre yapısını büyük ölçüde parçalar ve meyve suyunda daha yüksek kolloidal pektin konsantrasyonuna katkıda bulunarak pektinin dışarı sızmasına izin verir (Santhirasegaram vd., 2015). Ayrıca, Gouma vd. (2020), hücre duvarlarından pektin ve selülozun çözülmesi ve partikül topaklaşması gibi unsurlar nedeniyle termal pastörizasyonun meyve suyunun viskozitesini arttırdığını vurgulamıştır.

Mikrodalga ısıtma işlemi ile işlenmiş koruk suyu örnekleri için viskozite değerleri 4,43 – 4,90 mPa.s olarak belirlenmiştir. Taze koruk suyu ve konvansiyonel yöntemle işlenmiş koruk suyu örneklerine kıyasla mikrodalga ısıtmanın viskozite üzerinde artırıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Arjmandi vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, konvansiyonel (90 °C, 35 s) ve mikrodalga pastörizasyon (210 W, 646 s; 260 W, 608 s; 1600 W, 206 s ve 3600 W, 93 s) işlemlerinin sebze smoothie örneklerinin viskozite değerleri üzerine etkileri depolama süresince (5 °C, 45 gün) incelenmiştir. Mikrodalga ısıtma ile muamele edilen tüm örneklerin, konvansiyonel işleme tabi tutulmuş ve işlem görmemiş numunelere kıyasla daha yüksek viskozite değerine sahip olduğu rapor edilmiştir. Isıl işlemlerden sonra viskozitedeki artış, pektin fraksiyonlarındaki değişiklik ile ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 4.4. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun viskozite değeri (mPa.s) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	3,48±0,19 ^A	-	-	-	-
K	60 °C	3,80±0,19 ^{a,B}	3,88±0,11 ^{b,A}	5,33±0,15 ^{d,B}	5,90±0,16 ^{e,B}	4,85±0,07 ^{c,A}
	70 °C	4,20±0,19 ^{a,D}	4,88±0,17 ^{b,B}	5,80±0,18 ^{d,E}	6,60±0,28 ^{e,G}	5,27±0,06 ^{c,C}
	80 °C	3,95±0,06 ^{a,C}	5,33±0,10 ^{d,F}	5,28±0,10 ^{c,A}	6,80±0,14 ^{e,H}	5,03±0,06 ^{b,B}
MD	60 °C	4,55±0,18 ^{a,F}	5,08±0,13 ^{b,C}	5,48±0,15 ^{c,C}	6,48±0,12 ^e	5,80±0,00 ^{d,F}
	70 °C	4,90±0,11 ^{a,H}	5,25±0,17 ^{b,E}	5,33±0,13 ^{c,B}	6,13±0,06 ^{e,D}	5,40±0,00 ^{d,D}
	80 °C	4,43±0,15 ^{a,E}	5,28±0,16 ^{b,E}	5,75±0,19 ^{d,D}	6,30±0,19 ^{e,E}	5,65±0,07 ^{c,E}
US + MD	60 °C	5,15±0,07 ^{a,J}	5,15±0,21 ^{a,D}	5,98±0,13 ^{b,F}	6,35±0,07 ^{d,F}	6,05±0,07 ^{c,H}
	70 °C	4,63±0,14 ^{a,G}	5,60±0,22 ^{b,G}	6,00±0,00 ^{e,F}	5,95±0,07 ^{d,C}	5,90±0,00 ^{c,G}
	80 °C	5,05±1,11 ^{a,I}	5,25±0,15 ^{b,E}	5,80±0,00 ^{d,E}	5,50±0,00 ^{c,A}	5,88±0,21 ^{e,G}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (K: Konvansiyonel pastörizasyon; MD: Mikrodalga pastörizasyon; US + MD: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Taze koruk suyuna en yakın viskozite değeri (3,80 mPa.s) konvansiyonel işlem (60 °C) ile elde edilirken, en yüksek viskozite değerine (5,15 mPa.s) ise ultrases ön işlemi (60 °C) ile ulaşılmıştır. US + MD işlemleri ile 60, 70 ve 80 °C işlem sıcaklıklarında koruk suyunun viskozite değerleri sırasıyla 5,15; 4,63 ve 5,05 mPa.s olarak bulunmuştur. Ultrases işlemine tabi tutulmuş olan elma-havuç suyu (Kahraman ve Feng, 2021) ve havuç suyu (Zou ve Jiang, 2016) örneklerinde viskozite değişiminin incelendiği çalışmalarda, ultrases işleminin örneklerin viskozite değerini artırdığı rapor edilmiştir. Viskozitedeki artışın, ultrases etkisiyle şekerler gibi makromoleküllerin hücrelerden meyve suyuna geçişi ile meydana gelen konsantrasyon artışından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Shen vd. (2021), sonikasyonun nişasta ve pektin gibi makromoleküllerin çözünmesini ve moleküller arası çapraz bağ oluşumunu teşvik ederek doku mukavemetini artırdığını belirtmektedir. Bu reaksiyon zinciri potansiyel olarak meyve suyu viskozitesinde artışa neden olmaktadır. Ayrıca, ultrases işleminden sonra meyve suyu viskozitesindeki artış, meyve hücresi bütünlüğünün kaybı, moleküllerin parçalanması ve parçacıklar arasındaki gelişmiş etkileşimin yanı sıra hücre duvarının çözünmesi ile de açıklanabilir (Huang vd., 2018). Mevcut tez çalışması kapsamında, konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon (80 °C), düşük sıcaklıklara (60 ve 70 °C) kıyasla, koruk suyu viskozitesinde azalma göstermiştir. Bu durumun aksine, ultrases destekli mikrodalga

pastörizasyon (80 °C) ile daha yüksek koruk suyu viskozite değerine ulaşılmıştır. Ultrases ön işleme ile yüksek sıcaklıktaki daha yüksek koruk suyu viskozitesi, ultrasesin pektin molekülleri arasındaki hidrojen bağı ve hidrofobik etkileşimleri artırması ile açıklanabilir (Anese vd, 2013).

İşlenmiş koruk suyu örneklerinde depolama süresince viskozite değişimi incelendiğinde, konvansiyonel ve mikrodalga işlemleri uygulanmış örneklerin viskozitesinin 45. güne kadar arttığı, ancak son gün azaldığı gözlenmiştir. Bu durum depolama sürecinde örnekteki pektin zincirinin bozulması ile açıklanabilir (Lagnika vd., 2017). Depolama süresince tüm örneklerin viskozite değerlerindeki değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Kahraman ve Feng, (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışma kapsamında, konvansiyonel ve ultrases işlemleri uygulanmış elma-havuç suyu karışımı (%90 elma; %10 havuç) örneklerinde depolama süresince (4 °C, 21 gün) meydana gelen kalite değişimleri incelenmiştir. Meyve suyu örneklerinin viskozite değerleri, tüm uygulamalar için depolama süresince arttığı rapor edilmiştir. Konvansiyonel yöntem ile muamele edilmiş meyve sularının, depolama sırasında ultrases uygulanmış örneklere kıyasla daha düşük viskozite değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Viskozitedeki artış, ultrases uygulaması ile koloidal sistemde konsantrasyon artışına neden olan makromoleküllerin, özellikle şeker bileşiklerinin, hücrelerden meyve suyuna geçişi ile açıklanmıştır. Benzer şekilde, karpuz suyunda ısıl işlemlerin depolama süresince (4 °C, 90 gün) viskozite değeri incelendiğinde (Kumar vd., 2021), tüm işlemler için meyve suyu viskozitesinin depolama süresi ile arttığı belirlenmiştir. Depolama süresince meyve suyu viskozitesindeki bu artış, sükrozun glikoz ve fruktoza dönüşmesi ile ilişkilendirilmiştir.

4.4. Koruk Suyunda Toplam Renk Farkı Değeri

Gıda endüstrisi açısından renk, kalite kavramıyla güçlü bir şekilde ilişkilendirilen ana niteliklerden birisidir. Meyve suyu rengi tüketici tercihlerini önemli derecede etkilemekte ve genellikle gıda endüstrisinde kalite kontrolünde uygulanmaktadır. Ayrıca gıdaların kalitesine göre ticari sınıflandırması için değerlendirilen parametrelerden biridir (Wibowo vd., 2015b). Taze koruk suyu ile farklı pastörizasyon yöntemleri ile işlenmiş koruk suyu örnekleri arasındaki toplam renk farkı değerlerinde (ΔE) depolama süresince meydana gelen değişimler Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Depolama öncesinde taze koruk suyu ile işlenmiş koruk suyu örnekleri arasındaki renk farkı değerleri 0,20 – 0,53 arasında değişmiştir. İşlenmiş koruk suyu örnekleri arasında, en fazla toplam renk farkı değeri (0,53) konvansiyonel pastörizasyon (80 °C) ile

işlenen örneklerde tespit edilmiştir. Taze koruk suyuna en yakın renk değerlerine ise mikrodalga pastörizasyon (60 ve 70 °C) işlemleri ile ulaşılmıştır.

Çizelge 4.5. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam renk farkı değeri (ΔE) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
K	60 °C	0,22±0,05 ^{a,AB}	0,46±0,01 ^{b,A}	0,66±0,04 ^{c,BCD}	1,38±0,01 ^{e,E}	1,18±0,00 ^{d,EF}
	70 °C	0,42±0,08 ^{a,E}	0,46±0,01 ^{b,A}	0,67±0,07 ^{c,CD}	1,35±0,00 ^{e,E}	1,18±0,04 ^{d,EF}
	80 °C	0,53±0,00 ^{b,F}	0,46±0,01 ^{a,A}	0,74±0,09 ^{c,E}	1,38±0,02 ^{e,E}	1,21±0,02 ^{d,F}
MD	60 °C	0,21±0,00 ^{a,AB}	0,46±0,01 ^{b,A}	0,65±0,01 ^{c,ABCD}	1,25±0,01 ^{e,C}	1,12±0,01 ^{d,CD}
	70 °C	0,20±0,03 ^{a,A}	0,47±0,01 ^{b,A}	0,68±0,09 ^{c,D}	1,25±0,01 ^{e,C}	1,05±0,02 ^{d,A}
	80 °C	0,31±0,05 ^{a,D}	0,47±0,00 ^{b,A}	0,73±0,07 ^{c,E}	1,29±0,04 ^{e,D}	1,08±0,02 ^{d,AB}
US + MD	60 °C	0,24±0,05 ^{a,BC}	0,45±0,01 ^{b,A}	0,62±0,00 ^{c,A}	1,23±0,00 ^{e,BC}	1,10±0,03 ^{d,BC}
	70 °C	0,27±0,07 ^{a,C}	0,44±0,02 ^{b,A}	0,63±0,05 ^{c,AB}	1,20±0,05 ^{e,B}	1,15±0,00 ^{d,DE}
	80 °C	0,43±0,03 ^{a,E}	0,45±0,03 ^{a,A}	0,64±0,04 ^{b,ABC}	0,99±0,01 ^{c,A}	1,33±0,04 ^{d,G}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Pastörizasyon teknikleri kendi arasında karşılaştırıldığında, artan işlem sıcaklığının renk farkını artırdığı tespit edilmiştir. Konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemlerinde, işlem sıcaklığının 60 °C’den 80 °C’ye yükselmesi ile koruk suyunun renk farkı değerlerinde sırasıyla %58,5; 32,3 ve 44,2 oranlarında artış belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu durum sıcaklığın artmasıyla beraber renk pigmentlerinin yapısının bozulmasıyla ve Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu ile ilişkilendirilmektedir (Song vd., 2018). Portakal suyuna uygulanan farklı sıcaklıklardaki mikrodalga ısıtma işlemindeki sonuçlar bu gözlemi destekleyerek, düşük işlem sıcaklarının meyve suyunun rengini korumada daha başarılı olduğunu göstermiştir (Cinquanta vd., 2010). Wibowo vd. (2015a), portakal suyunun pastörizasyon sıcaklığının arttırılmasına bağlı olarak toplam renk farkı değerlerinin yükselişe geçtiğini bildirilmişlerdir. Sıcaklığın yükselmesiyle beraber toplam renk farkı değerlerinde oluşan artışın enzimatik ya da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, renk pigmentlerinin degrade olması ve askorbik asidin oksidasyonu gibi kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Dar vd., 2020).

Mikrodalga pastörizasyon işlemine tabi tutulmuş koruk suyu örneklerinde diğer yöntemlere kıyasla daha düşük renk farkı değerleri gözlemlenmiştir. Mikrodalga ürününe

uyguladığı hızlı, kısa ve homojen ısı işlemi sayesinde ısıya duyarlı pigmentlerin stabilitesini daha iyi koruduğu öne sürülmüştür (González-Monroy vd., 2018). Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işleminde ise özellikle yüksek sıcaklıklarda (70 ve 80 °C) belirlenen toplam renk farkı değeri, konvansiyonel pastörizasyona göre daha düşük bulunmuştur. Elde edilen bulgulara paralel olarak, Das vd. (2020)'nin şişe kabağı suyu üzerine gerçekleştirdiği bir çalışmada, ultrases destekli mikrodalga pastörizasyonunun konvansiyonel pastörizasyona göre meyve suyu rengini korumada daha başarılı olduğu rapor edilmiştir. Bu durum, ultrasesin neden olduğu kavitasyonun koruk suyundaki polifenol oksidazı etkisiz hale getirmesine ve enzimatik esmerleşmeyi engellemesine atfedilmiştir. Bir başka çalışmada ise ultrases dalgalarının kavitasyon etkisi ile hücre duvarında oluşturduğu tahribat sonucunda doğal pigmentlerin serbest kalması ile meyve suyu işleme sırasında rengin korunmasında etki gösterdiği rapor edilmiştir (Cheng vd., 2020).

Depolama süresince, işlenmiş koruk suyu örneklerinde artan depolama süresi ile beraber toplam renk farkı değerinin arttığı (%56,2 – 81,4) tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda ilk güne kıyasla renk farklılığın en az olduğu yöntem olarak %56,2 ve %64,4 değişim oranları ile konvansiyonel pastörizasyon (70 ve 80 °C) yöntemleri öne çıkmıştır. İşlenmiş koruk suyu örneklerinin tamamında depolamanın 45. gününe kadar toplam renk farkı hızla artarken, 45. günden sonra düşüşe geçtiği gözlemlenmektedir. Depolama sırasında toplam renk farkı değerlerinde görülen bu değişimin, renk pigmentlerinin oksidasyonu, bozunması ve polimerizasyonundan kaynaklandığı öne sürülmüştür (Szczepeńska vd., 2021a). Buvé vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, pastörize edilmiş çilek suyu örneklerinde depolama süresince toplam renk farkı değişimi incelenmiş ve artan depolama süresinin renk farkını artırdığı rapor edilmiştir. Konvansiyonel pastörizasyon yöntemi ile muamele edilmiş domates ve havuç suyu örneklerinin depolanması sürecinde toplam renk farkı değerlerinde artış meydana gelmiştir (Dede vd., 2007). Bunlara ek olarak, Cortés vd. (2008), pastörize edilmiş portakal suyunun depolama süresince artan toplam renk farkı değerleri ile mevcut tez kapsamında elde edilen sonuçları desteklemektedir.

4.5. Koruk Suyunda Pektin Metilesteraz (PME) Aktivitesi

Meyve suyu endüstrisinde karşılaşılan en büyük zorluk, işleme ve depolama süresince önemli ölçüde değişim gösteren, meyve suyu kalite özelliklerini en yüksek derecede korumaktır. İşleme ve depolama sırasında çeşitli enzimler ve mikroorganizmalar nedeniyle

meyve suyunda enzimatik esmerleşmenin yanı sıra hücre bütünlük kaybı gibi kaliteyi olumsuz etkileyen durumlar oluşabilmektedir (Bavisetty ve Venkatachalam, 2021). Meyvelerde doğal olarak bulunan pektin, elde edilen meyve sularının kalitesinde kilit rol oynamaktadır. (Aghajanzadeh ve Ziaifar, 2018). PME'nin inaktivasyonu meyve sularında bozulmaya neden olan mikroorganizmalardan daha yüksek termal direnç göstermesi nedeniyle pastörizasyon işlemlerinde hedef olarak belirlenmektedir (Siguemoto vd., 2018). PME kalıntı aktivite değerinin pastörizasyon işlemleri sonucunda %10'un altına düşürülmesi baz alınarak pastörizasyon işlem süreleri belirlenmiştir (Aghajanzadeh vd., 2016). Tez kapsamında, tüm pastörizasyon teknikleri için bu kriter göz önünde bulundurularak, pastörizasyon işlem süreleri belirlenmiş ve PME kalıntı aktivite değerleri %4,7 – 9,8 aralığında olacak şekilde ısıl işlem uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.6).

İşlenmiş koruk suyu örneklerinin PME kalıntı aktivite değerleri K, MD ve US + MD yöntemleri ile sırasıyla %5,4 – 9,4; 9,4 – 9,8; 4,7 – 6,1 olarak belirlenmiştir. En düşük PME kalıntı aktive değeri US + MD yöntemi (70 ve 80 °C) uygulanan koruk suyu örneklerinde %4,7 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Ayrıca, her bir pastörizasyon yönteminde artan işlem sıcaklığı ile beraber PME inaktivasyon derecesinde de artış olduğu gözlenmiştir. Pastörizasyon işlem süreleri karşılaştırıldığında, US + MD işlemi ile daha kısa işlem sürelerinde daha yüksek enzim inaktivasyon değerlerine ulaşılmıştır. Ultrases ön işlemi ile daha kısa sürede yüksek enzim inaktivasyonu sağlanması, mikrodalga uygulamasının etkinliğini artırması ile ilgili olabilir. Literatürde, meyve suyunda mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonun yeterli düzeyde sağlanması için ultrases işleminin tek başına uygulanmasından ziyade ısıl işlemler ya da farklı pastörizasyon teknikleri ile kombine edildiğinde inaktivasyon etkinliğinin arttığı rapor edilmiştir (Gomes vd., 2021).

Pastörizasyon işlem sıcaklığının 60 °C'den 80 °C'ye çıkmasıyla beraber her bir yöntem için (K, MD ve US + MD) koruk suyunun PME kalıntı aktivitesinde sırasıyla %42,6; 4,1 ve 23 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Farklı işlem sıcaklıklarının koruk suyunun enzim aktivitesinde neden olduğu değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,05$). Aghajanzadeh vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda (60, 70, 80 ve 90 °C) uygulanan ısıl işlemler sonrasında portakal suyu örneklerinde pektin metilesterazın termal inaktivasyon kinetiği incelenmiştir. Taze portakal suyunun PME aktivitesi $4,37 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiş ve uygulanan ısıl işlemler sonrasında PME kalıntı aktivite değerleri 60, 70, 80 ve 90 °C için sırasıyla $1,18 \times 10^{-4}$; $4,13 \times 10^{-5}$; $3,54 \times 10^{-5}$ ve $2,48 \times 10^{-5}$ 'e düşmüştür.

Artan işlem sıcaklığı ile enzim inaktivasyonun artması, tez kapsamında elde edilen sonuçlar ile uyum sağlamıştır.

Çizelge 4.6. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun pektin metilesteraz kalıntı aktivitesi (%) değeri üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
K	60 °C	9,4±0,0 ^{a,D}	25,1±1,0 ^{b,H}	41,8±2,7 ^{c,F}	54,0±4,0 ^{d,I}	54,5±2,7 ^{e,G}
	70 °C	6,3±0,3 ^{a,C}	21,1±0,0 ^{b,G}	22,3±0,0 ^{c,C}	36,4±1,7 ^{d,F}	45,1±2,3 ^{e,E}
	80 °C	5,4±0,3 ^{a,B}	12,9±0,0 ^{b,C}	15,3±0,7 ^{c,B}	27,0±1,4 ^{d,B}	35,7±2,7 ^{e,B}
MD	60 °C	9,8±0,0 ^{a,E}	21,1±0,0 ^{b,G}	45,3±0,3 ^{c,G}	46,9±3,3 ^{d,H}	48,4±1,3 ^{e,F}
	70 °C	9,6±0,3 ^{a,DE}	17,6±0,0 ^{b,F}	36,2±1,3 ^{c,E}	42,3±1,3 ^{d,G}	43,4±2,0 ^{e,D}
	80 °C	9,4±0,6 ^{a,D}	15,5±0,0 ^{b,E}	22,5±1,0 ^{c,C}	27,9±0,3 ^{d,C}	35,7±0,0 ^{e,B}
US + MD	60 °C	6,1±0,0 ^{a,C}	15,0±0,0 ^{b,D}	32,9±0,0 ^{c,D}	33,8±0,0 ^{d,E}	43,2±0,0 ^{e,D}
	70 °C	4,7±0,0 ^{a,A}	11,3±0,7 ^{b,B}	32,9±0,0 ^{c,D}	32,9±0,0 ^{c,D}	39,9±0,0 ^{d,C}
	80 °C	4,7±0,6 ^{a,A}	5,9±0,0 ^{b,A}	12,9±0,7 ^{c,A}	20,9±0,3 ^{d,A}	29,6±1,3 ^{e,A}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Guava nektarı (Salazar-González vd., 2014) ve demirhindi suyunda (González-Monroy vd. 2018), mikrodalga ısıtma işleminin konvansiyonel işleme kıyasla örneklerin PME aktivitesi üzerinde daha düşürücü etki gösterdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, portakal suyunda PME kinetik inaktivasyon çalışması, konvansiyonel ve mikrodalga ısıtma (2450 MHz; 300 W) işlemleri ile 50 – 90 °C sıcaklık ve 0 – 60 s süre aralıklarında gerçekleştirilmiştir (Brugos vd., 2018). Prosesler karşılaştırıldığında, belirlenen sıcaklık aralığında mikrodalga ısıtma ile konvansiyonele kıyasla, aynı derecede PME inaktivasyonuna daha kısa sürede ulaşıldığı rapor edilmiştir. Mikrodalga ısıtma (60 °C'de 10 s) ile PME inaktivasyonunun %90'a ulaştığı belirlenmiştir. Ultrases işlemi diğer yöntemlere kıyasla koruk suyunda en yüksek PME inaktivasyonu sağlamıştır (Çizelge 4.6). Siwach ve Kumar (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, mosambi suyunda konvansiyonel ve ultrases pastörizasyon işlemlerinin meyve suyunun PME aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, ultrases işleminin meyve suyunun PME aktivitesi üzerinde daha düşürücü etki gösterdiği (%96,8) rapor edilmiştir. Benzer şekilde domates suyu (Terefe vd., 2009) ve portakal suyunda (Raju ve Deka, 2018) ultrases işleminin meyve suyu örneklerinin PME aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Her iki çalışmada da, ultrases işleminde konvansiyonele kıyasla domates suyu ve portakal suyu

örnekleri için sırasıyla %1,5 – 6 ve 6,5 oranlarında daha düşük PME aktivite değerleri saptanmıştır. Ultrases işleminin PME aktivite değeri üzerindeki düşürücü etkisi, ultrases ile oluşan akustik şok dalgaları ile hidrojen bağlarının parçalanmasını ve protein denatürasyonuna neden olan polipeptit zincirlerindeki Van der Waals etkileşimlerini desteklemesi ile açıklanabilir (Gomes vd., 2022).

Depolama süresince, tüm örnek gruplarının PME aktivitesinde istatistiki olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir ($P<0,05$). K, MD ve US + MD işlemleri uygulanmış koruk suyu örneklerinin PME aktivite değerleri depolamanın son gününde en yüksek değerlere ulaşmış ve bu değerler sırasıyla 35,7 – 54,5; 35,7 – 48,4; 29,6 – 43,2 aralığında değişim göstermiştir. Depolama süresince değişim incelendiğinde ise, PME rejenarasyonunun en düşük olduğu işlem olarak US + MD ön plana çıkmıştır. Literatür çalışmaları incelendiğinde, depolama süresince meyve suyunun enzim aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir (Esteve vd., 2005; Demirdöven ve Baysal, 2015). Ananas suyunda ultrases işleminin depolama süresince (60 gün) PME aktivitesi üzerine değişiminin incelendiği bir çalışmada (Lagnika vd., 2017), ultrases işlemi ile ananas suyunda en düşük PME aktivite değerleri belirlenmiştir. Bu durum sonikasyon sırasında pektin metilesteraz protein yapısının mekanik hasarından kaynaklanabilir. Ayrıca, ultrasesin daha iyi inaktivasyon mekanizması, gaz kabarcıklarının oluştuğu ve patlayan şok dalgalarının hızlı inaktivasyonu sağladığı kavitasyon fenomeni ile açıklanabilir (Samani vd., 2016).

4.6. Koruk Suyunda Bulanıklık Değeri

Meyve suyu endüstrisinde bulanıklık değeri tüketiciler açısından önem arz eden bir kalite kriteridir. Meyve sularında, fenolik bileşikler ve proteinlerin yanı sıra nişasta, pektin ve mikrobiyal gelişim, bulanıklık ve tortu oluşumuna neden olmaktadır (Türkyılmaz vd., 2021). PME aktivitesi sonucu moleküllerden açığa çıkan negatif yükler, meyve suyunda bulunan kalsiyum iyonları ile çözünmeyen kalsiyum pektat jellerinin oluşumuna neden olmaktadır. Bu jeller, meyve suyunun bulanıklık değerinin artmasına yol açmaktadır (Briongos vd., 2016). Pastörizasyon işlemlerinin (K, MD ve US + MD) ve depolama süresinin (0 – 60 gün) koruk suyunun bulanıklık değeri üzerine etkileri Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Taze sıkılmış koruk suyunun bulanıklık değeri 0,008 olarak belirlenmiştir. Pastörizasyon işlemleri sonrasında, işlenmiş koruk suyunun bulanıklık değerleri ise 0,035 – 0,126 aralığında değişim göstermiştir. Taze koruk suyuna kıyasla işlenmiş koruk suyunun bulanıklık değerlerinin daha yüksek olduğu ve aralarında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). En yüksek

bulanıklık değeri MD işlemi (80 °C) ile 0,126 olarak belirlenirken, US + MD işlemi (60 °C) ile en düşük bulanıklık değeri 0,035 olarak bulunmuştur. Pastörizasyon işlemleri kendi arasında karşılaştırıldığında ise, artan işlem sıcaklığının bulanıklık değerini K, MD ve US + MD işlemleri için sırasıyla %28; 61,1 ve 34 oranlarında artırdığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Yang vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, konvansiyonel pastörizasyon işlemine (98 °C – 30 s) tabi tutulan elma suyunun çeşitli kalite parametreleri üzerindeki değişim incelenmiştir. Isıl işlem sonrasında, meyve suyu örneklerinin bulanıklık değerinde önemli bir artış belirlenmiştir ($P<0,05$). Bulanıklık değerindeki bu artış, ısıl işlemin hücre duvarını tahrip etmesi ile pektin, protein ve diğer makromolekülerinin hücre dışına çıkması ile ilgili olabileceği rapor edilmiştir.

Mikrodalga ısıl işleminin (2450 MHz, 1500 W, 40 – 70°C) elma püresinin çeşitli kalite özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Gerard ve Roberts, 2004), işlenmemiş örneğe kıyasla, mikrodalga ısıtmanın artan işlem sıcaklığı ile beraber daha fazla bulanıklığa neden olduğu rapor edilmiştir. Bulanıklık değerindeki bu artış, proteinlerin ve polifenollerin ısıl işlem sonrasında artan etkileşimleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, pastörizasyon işlemleri sırasındaki yüksek ısı, suda çözünür komplekste bozulmalara neden olabilir ve böylece örnekteki bulanıklık artmış olabilir (Türkyılmaz vd., 2021). Mikrodalga işleminde sıcaklık etkisi incelendiğinde, özellikle işlem sıcaklığının 70 °C'den 80 °C'ye yükselmesi ile bulanıklık değerinde keskin bir artış (%61,1) gözlenmiştir. Bu duruma dayanarak, ısıl işlem uygulamalarında sıcaklık parametresinin bulanıklık değeri üzerindeki etkisinin oldukça yüksek olduğu yorumu yapılabilir.

Ultrases-destekli mikrodalga pastörizasyon işlemi ile taze koruk suyuna en yakın bulanıklık değerleri (0,035 – 0,055) belirlenmiştir. Diğer pastörizasyon tekniklerine kıyasla ultrases ön işlemi koruk suyunun bulanıklık indeksi değerini düşürmüş, ancak taze koruk suyuna kıyasla artış (%77,1 – 85,5) meydana getirmiştir. Ultrases işleminden sonra gözlemlenen bulanıklıktaki bu artışın nedeni, meyve dokusundan meyve suyuna geçen ve suda çözünmeyen nitelikteki partiküllerin varlığı ile ilişkili olabilir. Ayrıca, ultrases işlemi ile meydana gelen kavitasyon nedeniyle büyük partiküllerin parçalanması sonucu oluşan küçük parçacıklar meyve suyunda asılı kalarak bulanıklığa neden olabilmektedir (Kulmann de Medeiros vd., 2021).

Çizelge 4.7. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun bulanıklık değeri üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	0,008±0,002 ^A	-	-	-	-
K	60 °C	0,049±0,002 ^{c,C}	0,033±0,001 ^{b,A}	0,031±0,000 ^{b,A}	0,022±0,005 ^{a,A}	0,020±0,009 ^{a,B}
	70 °C	0,066±0,002 ^{d,E}	0,049±0,000 ^{c,BC}	0,037±0,008 ^{b,BC}	0,021±0,006 ^{a,A}	0,022±0,008 ^{a,B}
	80 °C	0,068±0,003 ^{d,E}	0,051±0,001 ^{c,C}	0,038±0,003 ^{b,C}	0,031±0,009 ^{a,B}	0,029±0,003 ^{a,C}
MD	60 °C	0,049±0,007 ^{c,C}	0,046±0,003 ^{bc,B}	0,045±0,004 ^{b,D}	0,046±0,005 ^{bc,D}	0,026±0,002 ^{a,C}
	70 °C	0,048±0,009 ^{bc,C}	0,046±0,002 ^{b,B}	0,050±0,008 ^{c,E}	0,046±0,000 ^{b,D}	0,034±0,005 ^{a,D}
	80 °C	0,126±0,005 ^{e,F}	0,111±0,009 ^{d,D}	0,089±0,002 ^{c,F}	0,059±0,009 ^{b,E}	0,035±0,000 ^{a,D}
US + MD	60 °C	0,035±0,000 ^{c,B}	0,034±0,001 ^{c,A}	0,034±0,008 ^{c,AB}	0,024±0,009 ^{b,A}	0,012±0,000 ^{a,A}
	70 °C	0,055±0,000 ^{e,D}	0,051±0,001 ^{d,C}	0,046±0,000 ^{c,D}	0,034±0,007 ^{b,BC}	0,020±0,002 ^{a,B}
	80 °C	0,053±0,000 ^{d,D}	0,047±0,001 ^{c,B}	0,045±0,001 ^{c,D}	0,035±0,000 ^{b,C}	0,028±0,007 ^{a,C}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel Pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga Pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga Pastörizasyon).

Depolama süresince, işlenmiş koruk suyu örneklerinin bulanıklık değerinde ilk güne kıyasla düşüş gözlenmiştir. Depolamanın son gününde işlenmiş koruk suyu örneklerinin bulanıklık değerleri 0,012 – 0,035 arasında değişim göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlara paralel olarak, konvansiyonel (95 °C, 11 s) ve mikrodalga ısıtma (900 W, 30 s) işlemlerinin grefurt suyu örneklerinin bulanıklık değerinde oluşturduğu değişim depolama süresince (+4 ve -18 °C, 60 gün) incelenmiştir (Igual vd., 2014). Sonuçlar incelendiğinde, depolama süresince işlenmiş örneklerin bulanıklık değerinde düşüş olduğu rapor edilmiştir. Bulanıklık değerindeki bu düşüş, depolama süresince artan PME aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Depolama süresince artan PME, galakturon kalıntılarının metil ester gruplarının hidrolizini katalize ederek, daha düşük serbest radikaller üreten metoksi ve karboksilik grupların ortadan kaldırılmasına neden olur. Ergezer vd. (2018), depolama boyunca pastörize edilmiş koruk sularının bulanıklık değerinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Buzdolabında depolama boyunca bulanıklığın azalmasını, bulanıklık yaratan bileşenlerin çökmesiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, bazı meyve sularının yapısında bulunan tanenler proteinlerin aktif uçları ile reaksiyona girerek küçük komplekslerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu komplekslerin çökmesi zaman alacağından dolayı depolama işlemi sonunda bulanıklık değerinde azalma yaşaması olasıdır (Türkyılmaz vd., 2021).

4.7. Koruk Suyunda Esmerleşme İndeksi

Esmerleşme, çeşitli meyve suyu ürünleri için kalite, güvenlik ve besin değerlerini düşürmesi nedeniyle önemli bir sorun oluşturmaktadır. Meyve suyunun esmerleşmesi, polifenol bileşiklerinin oksidasyonu nedeniyle besin değerini ve ürün kalitesini bozar (Lee vd., 2016; Saberian vd., 2015). Konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemlerinin (60, 70 ve 80 °C) ve depolama sürecinin (60 gün) koruk suyunun esmerleşme indeksi değeri üzerine etkileri Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Isıl işlem uygulanmamış koruk suyunun esmerleşme indeksi 0,054 olarak bulunmuştur. Literatür ile karşılaştırıldığında, Turkmen vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, ev yapımı koruk konsantrelerinin esmerleşme indeksi 1,15 olarak belirlenirken, ticari koruk konsantrelerinde bu değer 2,71 olarak rapor edilmiştir. Farklı türlerdeki koruk örneklerinde (*Tfayfihi*, *Black*, *Baytamoni* ve *Obeideh*) esmerleşme indeks değerleri sırasıyla 0,243; 0,322; 0,192 ve 0,202 olarak saptanmıştır. Koruk örneklerinin esmerleşme indeksi değerinde görülen bu farklılıklar, koruğun yetiştirme koşulları, asmanın genotipi, hasat zamanı ve yetiştirme koşulları gibi birçok faktörle ilişkilendirilmektedir (Salah Eddine vd., 2020).

Taze koruk suyuyla kıyaslandığında, işlenmiş koruk suyu örneklerinin esmerleşme indeksi değerleri 0,067 – 0,122 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.8). Farklı pastörizasyon tekniklerinin, koruk suyunun esmerleşme indeksi değerlerinde oluşturduğu farklılıklar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Pastörizasyon işlemleri koruk suyunun esmerleşme indeksinde artışa neden olmuştur. Özellikle konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon işlemleri ile bu değerler sırasıyla 0,099 – 0,122 ve 0,100 – 0,121 olarak birbirine yakın ve en yüksek artış oranlarına sahip olduğu görülmüştür. En yüksek esmerleşme indeksi değerleri konvansiyonel (70 °C) ve mikrodalga pastörizasyon (70 °C) işlemleri ile sırasıyla 0,122 ve 0,121 olarak belirlenmiştir. Martins vd. (2021), konvansiyonel pastörizasyona tabi tutulmuş portakal sulu-sütlü içeceklerin esmerleşme indeksinde taze örneğe kıyasla artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, pastörize edilmiş erik suyu örneklerinde taze örneğe kıyasla esmerleşme indeksi değerinin arttığı rapor edilmiştir (Oladunjoye vd., 2021). Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemine tabi tutulmuş koruk suyu örneklerinde diğer yöntemlere kıyasla en düşük esmerleşme indeksi değerleri (0,067 – 0,075) saptanmıştır. US + MD pastörizasyon işlemi ile taze koruk suyuna kıyasla esmerleşme indeksinde oluşan % 19,4 – 28 oranındaki en düşük artışın, ultrases dalgalarının oluşturduğu kavitasyon etkisi ilgili olduğu düşünülmektedir (Nayak vd., 2020). Literatür çalışmaları baz alındığında, ultrases işleminin

Maillard reaksiyonunu 50 °C'nin altında başlatmak için yetersiz olduğu, 50 °C'nin üzerinde Maillard reaksiyonu oluşumunu tetikleyebileceği bildirilmiştir (Manzoor vd., 2021).

Çizelge 4.8. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun esmerleşme indeksi üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	0,054±0,002 ^A	-	-	-	-
K	60 °C	0,110±0,000 ^{d,F}	0,077±0,003 ^{a,C}	0,086±0,005 ^{b,C}	0,089±0,005 ^{b,B}	0,101±0,007 ^{c,CD}
	70 °C	0,122±0,006 ^{d,G}	0,094±0,002 ^{a,E}	0,104±0,006 ^{b,E}	0,111±0,001 ^{c,D}	0,123±0,003 ^{d,G}
	60 °C	0,100±0,003 ^{e,E}	0,060±0,005 ^{a,A}	0,068±0,004 ^{b,A}	0,087±0,006 ^{c,B}	0,095±0,003 ^{d,B}
MD	60 °C	0,100±0,003 ^{e,E}	0,060±0,005 ^{a,A}	0,068±0,004 ^{b,A}	0,087±0,006 ^{c,B}	0,095±0,003 ^{d,B}
	70 °C	0,121±0,000 ^{e,G}	0,062±0,002 ^{a,A}	0,069±0,006 ^{b,A}	0,087±0,006 ^{c,B}	0,098±0,006 ^{d,BC}
	80 °C	0,101±0,001 ^{c,E}	0,067±0,002 ^{a,B}	0,069±0,001 ^{a,A}	0,089±0,001 ^{b,B}	0,091±0,001 ^{b,A}
US+ MD	60 °C	0,075±0,002 ^{b,C}	0,070±0,002 ^{a,B}	0,091±0,009 ^{c,D}	0,096±0,003 ^{d,C}	0,107±0,004 ^{e,E}
	70 °C	0,091±0,000 ^{b,D}	0,081±0,005 ^{a,D}	0,093±0,002 ^{b,D}	0,097±0,005 ^{c,C}	0,112±0,003 ^{d,F}
	80 °C	0,067±0,007 ^{b,B}	0,060±0,005 ^{a,A}	0,078±0,007 ^{c,B}	0,081±0,007 ^{c,A}	0,104±0,002 ^{d,DE}

Veriler "Ortalama±Standart sapma" olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel Pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga Pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga Pastörizasyon).

Taze koruk suyuna en yakın esmerleşme indeksinin US + MD kombine işlemleri ile elde edilmesi, bu tekniğin enzim inaktivasyon etkinliğinin yüksek olması ile de ilişkilendirilebilir. Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyonuna alternatif olarak, ultrases işleminde önce meyve suyuna asit ilavesinin de depolama süreci boyunca esmerleşme reaksiyonlarında geciktirici etki yarattığı bulunmuştur. Park vd. (2021), meyve suyunun, askorbik asit ve ultrases kombinasyonuna tabi tutulmasının, depolama sırasında oksidatif ve enzimatik esmerleşmeyi önleyerek renk parametrelerini büyük ölçüde iyileştirdiğini bildirmiştir. Bhalerao ve Chakraborty (2021) tarafından, karışık meyve suyu farklı sıcaklıklarda termal pastörizasyon işlemine tabi tutulmuştur ve pastörizasyon sıcaklığının 60 °C'den 70 °C'ye çıkarılması esmerleşme indeksi farkında düşüşe neden olurken, 70 °C'den 80 °C'ye çıkarılması esmerleşme indeksinde artış meydana getirmiştir. Esmerleşme indeksi, Maillard reaksiyonu ve bu reaksiyon sonucunda oluşan hidroksimetil furfural (HMF) üretimi ile ilişkilidir. HMF miktarı, ısıl işlem yoğunluğu ve renk değişiklikleri ile doğru orantılıdır. Maillard reaksiyonunun yanı sıra,

polifenollerin oksidatif ve oksidatif olmayan reaksiyonlarda esmerleşme indeksi ile ilişkilendirilebilmektedir (Martins vd., 2021).

Depolama süreci dikkate alındığında, ilk güne kıyasla 15 günlük depolama sonrasında tüm pastörizasyon işlemi uygulanmış örneklerin esmerleşme indeksinin azaldığı belirlenmiştir. 15. günden sonraki depolama aşamalarında ise esmerleşme indeksi 60 günlük depolama sonuna kadar devamlı olarak bir artış göstermiştir. Ayrıca ilk gün analizleri baz alındığında, depolama sonunda elde edilen esmerleşme indeksleri için dengeli bir artış ya da azalış saptanamamıştır. 60 günlük depolama sonucunda tüm pastörizasyon işlemleri için en yüksek esmerleşme indeksi 70 °C uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Meyve suyu konsantrelerinde, ısıl işlem sırasında kahverengi rengin oluşumu karamelizasyon, askorbik asit bozunması ve Maillard reaksiyonunu içeren enzimatik olmayan esmerleşmelere atfedilmekte; ancak depolama sırasındaki esmerleşme durumu esas olarak enzimatik esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Saberian vd., 2015). Diğer yandan, antosiyaninler gibi doğal renk pigmentlerinin ısıya karşı hassas olmasından dolayı meyve suyu işlenirken ya da depolanırken kahverengimsi bir renk oluşumu gerçekleşebilmektedir (Vegara vd., 2013). Anaya-Esparza vd. (2017), termosonik pastörizasyon işlemi uygulanmış soursop nektarlarının enzimatik olmayan esmerleşme indekslerinin 45 günlük depolama sonunda artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Farklı türlerdeki (*Kabarcık* ve *Yediveren*) ısıl işlem uygulanmış koruk suyu örneklerinde depolama süresince (+4 °C ve 25 °C) kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada (Hayoglu vd., 2009), taze koruk suyu örneklerinin esmerleşme indeksi değerleri *Kabarcık*'ta 0,197, *Yediveren*'de 0,189 olarak belirlenmiştir. İşlenmiş koruk suyu örneklerinin depolama süresi sonunda esmerleşme indeksi değerleri *Kabarcık* ve *Yediveren* cinsi koruk suları için sırasıyla 0,234 ve 0,219'a yükselmiştir.

4.8. Koruk Suyunda Toplam Canlı ve Toplam Küf/Maya Sayısı

Meyve suyu içerdiği zengin mikro ve makro besinler ve antioksidan bileşikler ile ön plana çıkmış olmasına rağmen, içerdiği bu bileşikler meyve suyunu mikrobiyolojik açıdan bozulmaya elverişli hale getirmektedir. Meyve suyu endüstrisinde, mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi ve gıda güvenliğinin sağlanması, son ürünün kalite özelliklerinin korunmasında ilk aşama olarak kabul edilir (Dinaku vd., 2020). Bu nedenle ısıl işlem uygulamaları son üründe mikrobiyolojik açıdan güvenliğin sağlanması açısından önem arz etmektedir. Koruk suyunda pastörizasyon işlemleri sonrasında ve depolama süresince mikrobiyal yükteki değişimin

göstergesi olarak toplam canlı ve toplam küf/maya sayısındaki değişimleri sırasıyla Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10’da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam canlı sayısı (log KOB/g) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	5,00±0,00 ^I	-	-	-	-
K	60 °C	2,46±0,11 ^{a,F}	2,73±0,16 ^{b,F}	2,75±0,01 ^{b,F}	3,08±0,00 ^{c,E}	3,08±0,00 ^{c,E}
	70 °C	1,71±0,10 ^{a,C}	1,82±0,17 ^{b,C}	2,02±0,22 ^{c,C}	2,10±0,17 ^{d,B}	2,15±0,15 ^{e,B}
	80 °C	1,18±0,00 ^{a,A}	1,30±0,00 ^{c,A}	1,24±0,24 ^{b,A}	1,40±0,00 ^{d,A}	1,70±0,00 ^{e,A}
MD	60 °C	2,58±0,10 ^{a,G}	3,11±0,15 ^{b,G}	3,64±0,03 ^{c,G}	3,68±0,01 ^{d,F}	3,72±0,15 ^{e,F}
	70 °C	2,42±0,12 ^{a,E}	2,43±0,00 ^{a,E}	2,48±0,08 ^{b,E}	2,48±0,15 ^{b,C}	2,64±0,10 ^{c,C}
	80 °C	1,53±0,05 ^{a,B}	1,73±0,14 ^{b,B}	1,86±0,02 ^{c,B}	2,12±0,07 ^{d,B}	2,14±0,07 ^{d,B}
US + MD	60 °C	3,42±0,08 ^{a,H}	3,66±0,03 ^{b,H}	3,71±0,01 ^{c,H}	3,76±0,02 ^{d,G}	3,76±0,04 ^{d,G}
	70 °C	2,40±0,00 ^{a,E}	2,43±0,00 ^{ab,E}	2,45±0,02 ^{b,E}	2,46±0,01 ^{b,C}	2,64±0,14 ^{c,C}
	80 °C	2,30±0,13 ^{a,D}	2,34±0,00 ^{b,D}	2,36±0,14 ^{b,D}	2,74±0,23 ^{c,D}	2,89±0,16 ^{d,D}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel Pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga Pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga Pastörizasyon).

Taze koruk suyu örneklerinde toplam canlı ve toplam küf/maya sayısı sırasıyla 5,00 ve 4,14 log KOB/g olarak tespit edilmiştir. Isıl işlemler sonrasında, koruk suyu örneklerinin toplam canlı ve toplam küf/maya sayısı değerinde, taze koruk suyuna kıyasla sırasıyla %31,6 – 76,4 ve %49,7 – 92,7 oranlarında azalma olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Pastörizasyon sıcaklığının artması ile beraber mikrobiyal yükün azaldığı ve her bir pastörizasyon yöntemindeki sıcaklık değişiminin koruk suyundaki toplam canlı ve küf/maya sayısı üzerinde anlamlı bir değişim oluşturduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Toplam canlı sayısında %76,4 oranı ile en fazla düşüş konvansiyonel (80 °C) yöntem ile belirlenirken, toplam küf/maya sayısı için en fazla düşüş mikrodalga (80 °C) ve ultrases destekli mikrodalga (80 °C) işlemleri ile %92,7 oranında gerçekleşmiştir. Konvansiyonel pastörizasyon işleminde, artan işlem sıcaklığı ile mikrobiyal inaktivasyonun arttığı belirlenmiş ve bu durumun yüksek ısının neden olduğu mikrobiyal hücre zarı bozulması ile ilişkili olduğu farklı litetatür çalışmaları ile desteklenmiştir (Techakanon ve Sirimuangmoon, 2020). Mikrodalga pastörizasyon (80 °C) ile işlenmiş koruk suyunda %69,4 oranı ile mikrobiyal inaktivasyon etkinliği ile ikinci sırada yer almıştır. Mikrodalga mikroorganizmalar üzerindeki bu inhibisyon etkisi, mikrodalga ısıtmanın daha

homojen olması ve canlı hücre üzerindeki öldürücü etkisi ile ilişkilendirilebilir (de Souza Comapa vd., 2019).

Çizelge 4.10. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam küf/maya sayısı (log KOB/g) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	4,14±0,09 ^I	-	-	-	-
K	60 °C	1,30±0,00 ^{a,F}	1,44±0,03 ^{b,E}	1,57±0,04 ^{c,E}	2,70±0,00 ^{d,H}	2,80±0,00 ^{e,E}
	70 °C	1,15±0,00 ^{a,E}	1,18±0,02 ^{a,D}	1,30±0,00 ^{b,C}	2,64±0,00 ^{c,G}	2,77±0,10 ^{d,E}
	80 °C	1,04±0,00 ^{a,C}	1,06±0,06 ^{a,C}	1,18±0,00 ^{b,B}	2,54±0,09 ^{c,F}	2,66±0,06 ^{d,D}
MD	60 °C	1,40±0,00 ^{a,G}	1,78±0,03 ^{b,G}	1,78±0,00 ^{b,F}	1,90±0,06 ^{c,E}	2,20±0,07 ^{d,C}
	70 °C	1,09±0,05 ^{a,D}	1,56±0,01 ^{b,F}	1,58±0,00 ^{b,E}	1,65±0,00 ^{c,D}	2,00±0,00 ^{d,B}
	80 °C	0,30±0,00 ^{a,A}	1,46±0,04 ^{b,E}	1,49±0,02 ^{b,D}	1,54±0,05 ^{c,C}	2,00±0,00 ^{d,B}
US + MD	60 °C	2,08±0,05 ^{a,H}	2,36±0,06 ^{b,H}	2,79±0,07 ^{c,G}	2,92±0,01 ^{d,I}	2,95±0,00 ^{d,F}
	70 °C	0,95±0,00 ^{a,B}	0,98±0,03 ^{ab,B}	1,00±0,00 ^{b,A}	1,19±0,04 ^{c,B}	1,24±0,04 ^{d,A}
	80 °C	0,30±0,00 ^{a,A}	0,90±0,00 ^{b,A}	1,00±0,00 ^{c,A}	1,15±0,00 ^{d,A}	1,24±0,09 ^{e,A}

Veriler "Ortalama±Standart sapma" olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel Pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga Pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga Pastörizasyon).

Depolama işlemi öncesinde, işlenmiş koruk suyu örneklerindeki toplam küf/maya sayısı incelendiğinde (Çizelge 4.10), mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga işlemleri ile en fazla mikrobiyal düşüş (%92,7) gerçekleşmiştir. Meyve suyu pastörizasyonunda kullanılan konvansiyonel ve mikrodalga tekniklerinin çeşitli mikroorganizmalar (mezofilik, psikrotrofik, küf/maya) üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada (de Souza Comapa vd., 2019), mikrodalga ısıtmanın geleneksel yöntemle kıyasla mikrobiyal inaktivasyon açısından daha etkin olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, mikrodalga ısıtmanın uygulandığı meyve suyu örneklerinde taze örneğe kıyasla mikrobiyal açıdan neredeyse tam bir sterilizasyon sağlanmıştır (González-Monroy vd., 2018). İşlenmiş elma suyu örneklerinde *E. coli* ve *L. monocytogenes* inaktivasyonu açısından konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon teknikleri karşılaştırılmış ve sonuçlar, mikrodalga ısıtmanın elma suyundaki *E. coli* ve *L. monocytogenes* inaktivasyonu için geleneksel ısıtma işlemine göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Mikrodalga mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon etkisi, mikrodalga enerjisinin oluşturduğu yüksek anlık sıcaklık ile bakteri hücre zarına etki etmesi ve böylece morfolojik yapılarını değiştirmesi ile açıklanabilir (Siguemoto vd., 2018). Mikrodalga radyasyonunun bakteri hücreleri üzerindeki

spesifik etkilerinin yer aldığı bir derlemede (Shamis vd., 2012), mikrodalgaların geleneksel ısıtmaya kıyasla enzim ve bakteri inaktivasyonunu arttırdığını öne süren literatürden elde edilen sonuçlar rapor edilmiştir. İşlenmiş koruk suyunun mikrobiyal inaktivasyonu üzerine ultrases ön işleminin de oldukça etkili olduğu ve özellikle toplam küf/maya sayısında oluşturduğu mikrobiyal düşüşün istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Kernou vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemi ile muamele edilmiş portakal suyundaki mikrobiyal değişim incelenmiştir. Ultrasesin (20 dk.) ön işlem olarak kullanımı ardından gerçekleştirilen mikrodalga işlemi (900 W, 30 s) meyve suyunun mikroorganizma sayısında 8,0 log'luk bir düşüş sağlamıştır. Ultrasesin mikrobiyal etkisinin tam olarak ortaya koyulması açısından, mikrodalga işleminden (900 W, 30 s) sonra da uygulanmış, ancak mikroorganizma sayısında 4,0 log'luk bir düşüş sergilemiştir. Böylece ultrases işleminin ön işlem olarak kullanımının mikrobiyal inaktivasyon verimliliğini artırdığı rapor edilmiştir. Tez kapsamında elde edilen sonuçlara paralel olarak, ultrases ön işleminin mikrodalga işlem süresini azaltmasının yanı sıra yüksek mikrobiyal inaktivasyon etki sağladığı bildirilmiştir. Ultrasesin mikroorganizmalar üzerindeki yüksek inaktivasyon etkisi, ultrases dalgalarının yüksek basınç altında oluşturduğu anlık ve lokal baloncukların patlaması (kavitasyon mekanizması) sonucu bakteri hücre duvarı ve zarlarını parçalaması ile açıklanabilir (Pérez-Grijalva vd., 2018).

Depolama süresince, işlenmiş koruk suyu örneklerinde toplam canlı ve küf/maya sayısındaki değişim incelendiğinde, artan depolama süresinin mikrobiyal gelişim üzerine artırıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm pastörizasyon yöntemleri arasında, 60 günlük depolama süresi sonunda en az mikrobiyal gelişim oranı (%23,4) ultrases destekli mikrodalga işlemi ile sağlanmıştır. Taze ananas suyunda konvansiyonel ve ultrases pastörizasyon işlemlerinin mikrobiyal (toplam canlı ve toplam küf/maya sayısı) ve fonksiyonel kalite özellikleri üzerine etkileri 28 günlük depolama süresince (+4 °C) incelenmiştir (Mala vd., 2021). Taze ananas suyu örneklerinde depolama öncesindeki toplam canlı ve küf/maya sayıları sırası ile 4,71 ve 4,51 log KOB/mL olarak belirlenirken, depolamanın ilk haftasında oluşan mikrobiyal gelişim ile 6,00 log KOB/mL değerine ulaşmıştır. Özellikle toplam maya sayısındaki artış, meyve suyu örneklerinde fermantasyonu hızlandırarak yüksek etanol üretimine neden olmakta ve sonuç olarak son ürünün raf ömrünü önemli derecede kısıtlamaktadır. Ultrases işlemi ile muamele edilmiş ananas suyu örneklerinde, depolama süresince mikrobiyal gelişimin kısıtlandığı rapor edilmiştir. Bu durum, bakteri hücrelerinin parçalanmasında etkili olan ultrases dalgalarının oluşturduğu kavitasyon mekanizması ile

ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, farklı pastörizasyon tekniklerinin (mikrodalga, ultrases ve kombinasyonu) şeker kamışı suyunun mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri 21 günlük depolama süresince (+4 °C), Zia vd. (2019) tarafından incelenmiştir. Mikrobiyal sayıma ilişkin sonuçlar, ultrases ve mikrodalga kombinasyonunun mikrobiyal açıdan daha güvenli ve daha uzun raf ömrüne sahip meyve suyu elde edilebileceğini göstermiştir.

4.9. Koruk Suyunda Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Koruk suyunun fenolik asitler, flavonoidler, antioksidanlar gibi bol miktarda biyoaktif bileşik içerdiği bilinmekte ve bu bileşikler koruk suyunun sağlık üzerine olumlu etkiler oluşturmaya katkıda bulunmaktadır (Bavisetty ve Venkatachalam, 2021). Tez çalışması kapsamında, taze ve işlenmiş koruk suyu örneklerinde depolama süresince toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarlarındaki değişim sırasıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Taze koruk suyunun toplam fenolik madde içeriği 169,0 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	169,0±6,3 ^J	-	-	-	-
	60 °C	160,0±9,2 ^{e,I}	154,5±2,3 ^{d,H}	137,3±5,0 ^{c,G}	117,6±8,9 ^{b,I}	114,5±0,8 ^{a,I}
K	70 °C	158,4±2,4 ^{e,G}	150,4±2,5 ^{d,G}	124,4±3,4 ^{c,D}	116,6±0,8 ^{b,H}	113,7±0,9 ^{a,H}
	80 °C	150,5±1,9 ^{e,D}	145,1±2,6 ^{d,E}	113,4±6,0 ^{c,B}	111,1±1,8 ^{b,F}	100,4±1,9 ^{a,F}
	60 °C	159,3±3,5 ^{e,H}	155,8±1,9 ^{d,I}	146,8±1,1 ^{c,I}	115,6±0,8 ^{b,G}	110,8±1,5 ^{a,G}
MD	70 °C	152,1±1,9 ^{e,F}	147,6±1,5 ^{d,F}	145,8±7,4 ^{c,H}	96,0±8,3 ^{b,E}	93,7±2,3 ^{a,E}
	80 °C	151,4±8,3 ^{e,E}	137,2±5,7 ^{d,D}	131,8±2,8 ^{c,E}	90,1±6,5 ^{b,D}	86,8±0,8 ^{a,D}
	60 °C	147,7±9,8 ^{e,C}	136,1±1,1 ^{d,C}	132,6±4,7 ^{c,F}	85,8±7,6 ^{b,C}	71,8±3,0 ^{a,C}
US + MD	70 °C	142,1±4,4 ^{e,B}	126,8±3,0 ^{d,B}	114,8±1,5 ^{c,C}	65,8±8,0 ^{b,B}	62,8±1,5 ^{a,B}
	80 °C	122,5±4,1 ^{e,A}	106,0±8,3 ^{d,A}	93,7±4,1 ^{c,A}	62,8±1,5 ^{b,A}	61,7±0,0 ^{a,A}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (K: Konvansiyonel pastörizasyon; MD: Mikrodalga pastörizasyon; US + MD: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Isıl işlemler sonrasında, işlenmiş koruk suyu örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinde düşüş gözlenmiş ve bu değer 122,5 – 160,0 mg GAE/100 g aralığında değişim göstermiştir. Taze koruk suyuna en yakın toplam fenolik madde içeriği konvansiyonel

pastörizasyon (60 °C) ile elde edilirken, ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon (80 °C) ile en düşük fenolik madde içeriği tespit edilmiştir. Tüm pastörizasyon yöntemlerinde artan işlem sıcaklığı ile birlikte koruk suyunun toplam fenolik madde içeriğinde azalma gözlenmiş ve sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Farklı pastörizasyon işlemleri için sıcaklık-süre kombinasyonlarının denendiği bir çalışmada (Bhalerao ve Chakraborty, 2021), ısı işlem uygulamalarının meyve suyu örneklerindeki biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, pastörizasyon işlemlerinde artan sıcaklık ve süre ile paralel olarak fenolik bileşiklerin degradasyon hızının da arttığı rapor edilmiştir.

Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işlemi koruk suyunun fenolik madde içeriğinde 60, 70 ve 80 °C'de sırasıyla %12,6; %15,9 ve %27,5 oranlarında azalmaya yol açmıştır. Bu azalmalar, ultrasesin kavitasyon etkisi ve yüksek sıcaklıktaki mikrodalga ısıtma işlemlerinin kombine etkisinin neden olduğu yüksek orandaki fenolik bileşiklerin degradasyonu ile açıklanabilir (Adulvitayakorn vd., 2020). Nayak vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, konvansiyonel pastörizasyon işlemi ile elma suyunun fenolik madde içeriği taze örneğe kıyasla %6,8 oranında azalmıştır. Isıl işlem sonrası biyoaktif bileşenlerdeki bu azalma, tez kapsamında elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Mikrodalga pastörizasyon işlemi tek başına uygulandığında, ultrases (60, 70 ve 80 °C) ve konvansiyonel (80 °C) işlemlere kıyasla koruk suyunun fenolik madde içeriğinde daha az düşüş göstermiştir. Meyve suyunda fenolik madde miktarının daha iyi korunması, ısı işlem sırasında meydana gelebilecek ve meyve matrisine bağlı fenoliklerin salınmasına yol açan biyokimyasal reaksiyonlardan ve ayrıca yapısal yeniden düzenleme ile yeni fenolik bileşiklerin oluşumundan kaynaklanabilir. İşlemler, fenolik komplekslerde önemli etkilere neden olmuş ve bazı serbest fenolik asitler veya flavonoidler salınmış olabilir. Isı ayrıca polifenol oksidazı etkisiz hale getirerek fenolik bileşiklerin daha fazla kaybını önlemiş olabilir. Esas olarak fenolik madde içeriğindeki artış veya azalma, ilgili meyve suyunda maksimum düzeyde bulunan bireysel fenolik asidin genel bileşimine ve türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Saikia vd. 2016).

Flavonoidler, meyve ve sebzelerde bulunan polifenolik bileşiklerdir ve son üründe kaliteyi önemli derecede etkileyebilmesinin yanı sıra insan sağlığı açısından çeşitli hastalıkların (kanser ve kardiyovasküler hastalık) oluşum riskini azaltabilir (Iguar vd., 2011). Üzümde, flavonoidler fenolik bileşiklerin en bol bulunan sınıfıdır ve üzümün gelişimi ve olgunlaşması sırasında değişkenlik göstermektedir (Fia vd., 2022). Pastörizasyon yöntemlerinin (K, MD ve US + MD) ve depolama süresinin koruk suyunun toplam flavonoid içeriği üzerine etkileri

Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Taze koruk suyunun toplam flavonoid içeriği 129,7 mg KE/100 g olarak belirlenmiştir. Literatür ile uyumlu olarak, koruk suyunun toplam flavonoid miktarı 4 – 260 mg rutin eşdeğer/100 g aralığında değişim gösterdiği rapor edilmiştir (Nasser vd., 2020; Turkmen vd., 2017).

Çizelge 4.12. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun toplam flavonoid içeriği (mg KE/100 g) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	129,7±3,7 ^H	-	-	-	-
K	60 °C	120,2±5,1 ^{e,G}	116,5±5,2 ^{d,I}	105,7±5,5 ^{c,H}	102,7±4,7 ^{b,I}	99,0±6,2 ^{a,I}
	70 °C	120,3±3,3 ^{e,G}	114,5±2,6 ^{d,H}	104,8±0,2 ^{c,G}	100,3±6,4 ^{b,H}	94,4±0,1 ^{a,H}
	80 °C	105,0±4,7 ^{e,A}	104,4±1,1 ^{d,E}	93,0±0,8 ^{c,C}	92,2±3,3 ^{b,G}	91,5±0,2 ^{a,G}
MD	60 °C	118,7±2,3 ^{e,F}	105,5±1,4 ^{d,F}	99,8±4,7 ^{c,E}	87,8±5,3 ^{b,E}	86,5±0,3 ^{a,F}
	70 °C	110,4±3,3 ^{e,C}	102,8±0,5 ^{d,D}	93,0±0,6 ^{c,C}	82,9±0,9 ^{b,D}	81,8±0,3 ^{a,D}
	80 °C	108,4±4,3 ^{e,B}	94,9±4,9 ^{d,B}	87,2±2,6 ^{c,B}	80,7±3,1 ^{b,C}	77,9±4,6 ^{a,C}
US + MD	60 °C	118,3±0,4 ^{e,E}	106,9±4,7 ^{d,G}	101,2±1,0 ^{c,F}	88,8±2,9 ^{b,F}	85,4±4,6 ^{a,E}
	70 °C	114,1±5,8 ^{e,D}	96,8±2,2 ^{d,C}	94,9±0,7 ^{c,D}	79,1±5,2 ^{b,B}	77,4±2,7 ^{a,B}
	80 °C	110,7±0,6 ^{e,C}	89,7±4,3 ^{d,A}	83,7±0,7 ^{c,A}	77,2±5,2 ^{b,A}	76,8±0,6 ^{a,A}

Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Isıl işlem uygulamaları sonrasında işlenmiş koruk suyunun toplam flavonoid madde içeriği 105,0 – 120,3 mg KE/100 g olarak belirlenmiştir. Her bir pastörizasyon yönteminde, artan işlem sıcaklığı ile beraber örneklerin flavonoid içeriğindeki düşüş oranı artmıştır. K, MD ve US + MD işlemlerinde taze koruk suyuna kıyasla işlenmiş koruk suyunun flavonoid içeriğinde sırasıyla %7,3 – 19,0; 8,5 – 16,4; 8,9 – 14,6 oranlarında düşüş gözlenmiştir. En düşük flavonoid içeriği K (80 °C) işleminde belirlenirken, MD ve US + MD işlemlerinde aynı sıcaklıktaki örneklerin daha yüksek flavonoid içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, özellikle yüksek sıcaklıktaki ısıl işlem uygulamalarında biyoaktif bileşiklerin daha iyi korunması açısından konvansiyonel yönteme alternatif olarak mikrodalga ve ultrasesin kullanılabilme potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Igual vd. (2011), grefurt suyunun flavonoid içeriği üzerine ısıl işlem ve depolama süresinin etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, pastörizasyon işlemleri (konvansiyonel ve mikrodalga) ve depolamanın (4 °C, 2 ay) etkisi birlikte düşünüldüğünde, mikrodalga ısıtmanın analiz edilen tüm örneklerde flavonoidlerin daha fazla tutulmasına yol açtığını ve böylece geleneksel pastörizasyona iyi bir

alternatif oluşturduğunu göstermiştir. Tez kapsamında, yüksek sıcaklıkta ultrases ile flavonoidlerin daha fazla degrade olması, kavitasyon sırasında kabarcık patlamaları tarafından uygulanan basıncın ani bir değişiminin bir sonucu olarak flavonoidlerin bozulmasına bağlanabilir (Saeeduddin vd., 2015).

Depolama süresince, koruk suyunun toplam fenolik madde ve flavonoid içeriğinde istatistiki olarak anlamlı bir azalma görülmüştür ($P<0,05$). Depolama süresi sonunda işlenmiş koruk suyu örneklerinde en yüksek toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği konvansiyonel yöntemde belirlenirken, en düşük değerler US + MD işlemleri ile sırasıyla 61,7 – 71,8 mg GAE/100 g ve 76,8 – 85,4 mg KE/100 g olarak bulunmuştur. Bu durum, ultrases ile yüksek sıcaklık uygulamasının sinerjik etki oluşturması sonucu biyoaktif bileşiklerin bozunma hızını artırması ile bağlantılı olabilir (Oladunjoye vd., 2021).

4.10. Koruk Suyunda DPPH ve ABTS Antioksidan Kapasitesi

Meyve ve sebzeler, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasarı önleyebilmesi ve sağlık üzerine koruyucu etkileri ile doğal antioksidanların önemli bir kaynağı olarak bilinmektedir. Doğal olarak oluşan antioksidanların ürünlerin işlenmesi sırasında önemli ölçüde kaybolabileceği iyi bilinmektedir (Ma vd., 2013). Meyve suyu endüstrisinde, ısı işlem uygulamaları ile antioksidan bileşikler önemli ölçüde degrade olabilmektedir. Bu nedenle, meyve suyuna uygulanan ısı işlemlerin türü ve işlem parametreleri (sıcaklık ve süre), biyoaktif bileşiklerin stabilitesi açısından önem arz etmektedir (Esteve ve Frigola, 2008). Tez çalışması kapsamında, taze koruk suyu ve işlenmiş koruk suyu örneklerinin DPPH ve ABTS antioksidan kapasite değerlerindeki değişim sırasıyla Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te sunulmuştur. Taze koruk suyunun DPPH antioksidan kapasite değeri 504,2 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Bu sonuca paralel olarak, Guler vd. (2018), koruk suyunun DPPH antioksidan kapasite değerini 569,25 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ olarak belirlemiştir. Isıl işlem uygulamaları sonrasında koruk suyunun DPPH antioksidan kapasite değerlerinde düşüş gözlenmiş ve bu değer 341,7 – 495,6 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ aralığında değişim göstermiştir. Taze koruk suyuna kıyasla, K, MD ve US + MD işlemleri ile koruk suyunun DPPH antioksidan kapasitesinde sırasıyla %26,2 – 32,2; 14,8 – 22,3; 1,7 – 13,0 oranlarında azalma saptanmıştır. Bu verilere göre, taze koruk suyu ile kıyaslandığında, antioksidan kapasitenin en iyi korunduğu yöntem olarak US + MD belirlenirken, en düşük antioksidan kapasite değerleri K işlem ile tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun DPPH antioksidan kapasitesi ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	504,2 \pm 1,6 ^I	-	-	-	-
K	60 °C	372,3 \pm 8,1 ^{e,C}	328,5 \pm 6,1 ^{d,I}	205,0 \pm 4,2 ^{c,C}	190,6 \pm 8,9 ^{b,C}	167,3 \pm 1,1 ^{a,C}
	70 °C	369,5 \pm 2,1 ^{e,B}	324,9 \pm 8,0 ^{d,H}	195,5 \pm 4,4 ^{c,B}	179,0 \pm 9,2 ^{b,B}	118,0 \pm 9,5 ^{a,B}
	80 °C	341,7 \pm 5,3 ^{e,A}	248,3 \pm 6,2 ^{d,A}	194,2 \pm 2,4 ^{c,A}	173,9 \pm 6,6 ^{b,A}	113,9 \pm 9,3 ^{a,A}
MD	60 °C	429,6 \pm 9,9 ^{e,F}	318,5 \pm 5,8 ^{d,G}	310,7 \pm 8,5 ^{c,I}	291,3 \pm 4,4 ^{b,I}	287,5 \pm 8,2 ^{a,I}
	70 °C	402,9 \pm 2,2 ^{e,E}	299,0 \pm 7,5 ^{d,C}	285,5 \pm 8,3 ^{c,E}	262,2 \pm 5,3 ^{b,G}	224,9 \pm 2,2 ^{a,H}
	80 °C	391,9 \pm 2,3 ^{e,D}	289,2 \pm 1,9 ^{d,B}	276,0 \pm 8,6 ^{c,D}	231,3 \pm 9,9 ^{b,E}	209,7 \pm 7,5 ^{a,G}
US + MD	60 °C	495,6 \pm 3,8 ^{e,I}	315,0 \pm 2,4 ^{d,F}	293,7 \pm 7,2 ^{c,H}	272,0 \pm 2,8 ^{b,H}	209,2 \pm 5,1 ^{a,F}
	70 °C	458,9 \pm 7,2 ^{e,H}	306,7 \pm 4,4 ^{d,E}	288,2 \pm 1,6 ^{c,G}	256,7 \pm 8,0 ^{b,F}	172,7 \pm 5,2 ^{a,E}
	80 °C	438,6 \pm 5,0 ^{e,G}	305,0 \pm 4,3 ^{d,D}	286,6 \pm 7,8 ^{c,F}	223,3 \pm 4,2 ^{b,D}	171,5 \pm 6,2 ^{a,D}

Veriler "Ortalama \pm Standart sapma" olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (**K**: Konvansiyonel pastörizasyon; **MD**: Mikrodalga pastörizasyon; **US + MD**: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Konvansiyonel yöntem ile karşılaştırıldığında, mikrodalga ısıtmanın da koruk suyunun DPPH antioksidan kapasitesinde koruyucu etki gösterdiği belirlenmiştir. Her bir pastörizasyon yönteminde, artan işlem sıcaklığının antioksidan kapasite değerleri üzerinde düşürücü etki gösterdiği ve elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Isıl ve ısıl olmayan pastörizasyon işlemlerinin portakal suyunun antioksidan kapasitesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Esteve ve Frigola, 2008) taze portakal suyuna kıyasla, pastörize edilmiş örneğin antioksidan kapasite değerinde %38,2 oranında düşüş gözlenmiştir. Ultrases ve konvansiyonel pastörizasyon işlemlerinin armut suyunun kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir (Saeeduddin vd., 2015). Sonuç olarak, konvansiyonel yöntemle pastörize edilen armut suyu örneklerinin antioksidan kapasitesinde önemli bir düşüş gözlemlenmiş ve 95 °C'deki düşüşün 65 °C'deki düşüşten daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Konvansiyonel yöntemle kıyasla ultrases işlemi örneklerin antioksidan kapasitesinde önemli bir artış göstermiştir.

Taze koruk suyunun ABTS antioksidan kapasite değeri 2935,1 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Isıl işlem uygulanmış koruk suyu örneklerinin ABTS antioksidan kapasite değerleri 2390,3 – 2837,8 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ aralığında değişim göstermiştir. Pastörizasyon işlemleri ile beraber her bir yöntem için artan işlem sıcaklığında

koruk suyunun antioksidan kapasitesinde düşüş belirlenmiş ve sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4.14. Pastörizasyon işlemlerinin ve depolama süresinin koruk suyunun ABTS antioksidan kapasitesi ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$) üzerine etkileri

Metot	Sıcaklık	Depolama süresi (gün)				
		0	15	30	45	60
Taze	-	2935,1±14,9 ^J	-	-	-	-
	60 °C	2677,4±70,5 ^{e,F}	2396,8±31,2 ^{d,G}	2362,9±94,7 ^{c,I}	2304,8±28,1 ^{b,H}	2288,5±29,3 ^{a,I}
	80 °C	2486,1±22,3 ^{e,B}	2293,6±90,0 ^{d,C}	2249,3±49,0 ^{c,E}	2237,5±96,9 ^{b,E}	2097,6±52,8 ^{a,E}
K	60 °C	2390,3±91,9 ^{e,A}	2232,8±13,6 ^{d,A}	2122,8±52,8 ^{c,A}	2102,9±98,1 ^{b,B}	1450,3±63,0 ^{a,A}
	70 °C	2703,5±49,3 ^{e,G}	2320,8±46,7 ^{d,E}	2294,7±53,1 ^{c,F}	2255,0±72,2 ^{b,G}	2245,0±11,4 ^{a,G}
	80 °C	2544,1±58,2 ^{e,D}	2307,5±94,5 ^{d,D}	2210,4±35,8 ^{c,C}	2194,5±76,1 ^{b,D}	2020,8±49,0 ^{a,C}
MD	60 °C	2539,6±96,0 ^{e,C}	2261,7±43,2 ^{d,B}	2182,3±49,6 ^{c,B}	2172,9±66,6 ^{b,C}	1943,0±81,0 ^{a,B}
	70 °C	2837,8±62,2 ^{e,I}	2678,2±92,2 ^{d,I}	2357,8±30,6 ^{c,H}	2321,5±98,7 ^{b,I}	2273,2±26,5 ^{a,H}
	80 °C	2735,6±78,0 ^{e,H}	2450,1±32,7 ^{d,H}	2303,9±13,1 ^{c,G}	2245,1±93,0 ^{b,F}	2143,0±10,5 ^{a,F}
US + MD	60 °C	2671,6±37,2 ^{e,E}	2321,3±10,4 ^{d,F}	2245,7±11,2 ^{c,D}	2091,5±95,2 ^{b,A}	2086,7±73,5 ^{a,D}
	70 °C					
	80 °C					

Veriler "Ortalama±Standart sapma" olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$), aynı satırda farklı küçük harflerle ve aynı sütunda farklı büyük harflerle belirtilmiştir. (K: Konvansiyonel pastörizasyon; MD: Mikrodalga pastörizasyon; US + MD: Ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon).

Koruk suyunda en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri 2837,8 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak US + MD (60 °C) ile belirlenirken, K (80 °C) işlem ile 2390,3 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak en düşük antioksidan kapasite değeri tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). Wu vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, bulanık yaban mersini suyu örnekleri konvansiyonel ve ultrases işlemlerine tabi tutulmuş ve sonuç olarak ultrases işleminin %65,2 oranında daha yüksek antioksidan kapasite değeri sağladığı rapor edilmiştir. Bu durum, ultrases işleminin hücre duvarını tahrip ederek antioksidan kapasitenin artmasında neden olan bağlayıcı fenolik asitlerin salınımı artırması ile ilişkilendirilmiştir. Benzer olarak, Sulaiman vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, elma suyunda konvansiyonel ve ultrases işlemleri uygulanmış ve ultrases işleminin örneklerin antioksidan kapasitesini %86'dan %103'e artırdığı rapor edilmiştir. Shen vd. (2021) tarafından bulanık elma suyunda konvansiyonel ve ultrases işlemleri uygulanmış ve sonuç olarak ultrasesin antioksidan kapasiteyi korumada daha başarılı (US: %21, K: %14,2) olduğu rapor edilmiştir. Ultrases ile antioksidan kapasitedeki bu artış, antioksidan etkiye sahip bileşiklerin ekstraksiyonunun ve kullanılabilirliğini artıran kavitasyon mekanizması ile ilişkilendirilmiştir. Mikrodalga ve konvansiyonel işlemlerinin çilek püresi örneklerinin antioksidan kapasitesine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, 44 haftalık depolama

süresince antioksidan kapasitenin mikrodalga işlemi ile en iyi korunduğu rapor edilmiştir (Marszałek vd., 2016).

Depolama süresince, koruk suyunun DPPH ve ABTS antioksidan kapasite değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir azalma görülmüştür ($P<0,05$). Depolamanın son gününde, en düşük DPPH değerleri 113,9 – 167,3 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak K işlemde belirlenirken, en düşük ABTS değerleri 1450,3; 1943,0 ve 2020,8 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak sırasıyla K (80 °C), MD (80 °C) ve MD (70 °C) işlemlerinde gözlenmiştir. Ultrases işleminin depolama süresince işlenmiş koruk suyu örneklerinin antioksidan kapasite değerini daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Özellikle yüksek sıcaklıkta (80 °C) uygulandığında, K ve MD işlemlerine kıyasla US + MD işlemi ile koruk suyunun ABTS antioksidan kapasite değerleri sırasıyla %30,5 ve %6,9 oranlarında daha yüksek bulunmuştur. Konvansiyonel (90 °C, 10 dk.), mikrodalga (850 W, 1,5 dk.) ve ultrases (20 kHz, 90 dk.) işlemleri ile muamele edilmiş şeftali suyu örneklerinde, depolama süresince (4 °C, 30 gün) biyoaktif bileşiklerindeki etkileri incelenmiştir (Sattar vd., 2020). Sonuçlar, depolama süresince örneklerin DPPH, FRAP ve ABTS antioksidan kapasite değerlerinde önemli ölçüde azalma göstermiştir. Farklı depolama zaman aralıklarında şeftali suyunun antioksidan kapasitesindeki değişimler, polifenollerin polimerizasyon reaksiyonlarına girme eğilimi ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, tez kapsamında elde edilen sonuca paralel olarak, şeftali suyunun antioksidan kapasitesi, ultrases işlemi ile depolama süresi boyunca en iyi şekilde korunmuştur. Zia vd. (2019)'nin şeker kamışı suyunda yapmış olduğu çalışmada depolama süresi boyunca antioksidan kapasitede düşüş olduğu tespit edilmiş ve bu konuda en başarılı işlem türü olarak kombine ısıtma yönteminin olduğu bildirilmiştir. Bu durum, oksidatif reaksiyonlardan sorumlu enzimlerin inhibisyonu ile ilişkilendirilmiştir. Benzer olarak, Das vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, şişe kabağı suyunda konvansiyonel ve mikrodalga destekli ultrases pastörizasyon işlemleri uygulanmış ve sonuç olarak kombine ısıtma işlemi ile örneklerin antioksidan kapasitesinin daha iyi korunduğu (US + MD: %43,7; K: %34,3) rapor edilmiştir.

4.11. Pearson Korelasyon Testi

Koruk suyunda kalite parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesinde Pearson korelasyon testi kullanılmıştır. Pearson korelasyon analizine göre koruk suyunun briks değerinin pH ve esmerleşme indeksi haricindeki tüm parametreler ile farklı anlam düzeylerinde korelasyon gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Toplam titrasyon asitlik değeri ile toplam

renk farkı, enzim aktivitesi, esmerleşme indeksi ve mikrobiyal kalite özellikleri arasında istatistiki olarak farklı anlam düzeylerinde pozitif korelasyon gözlenirken, bulanıklık değeri ile negatif korelasyona sahip olmuştur. Tüm kalite parametreleri ile karşılaştırıldığında, pH değeri ile toplam flavonoid madde içeriği arasında 0,319 korelasyon katsayı değeri ile istatistiki olarak anlamlı bir pozitif ilişki olduğu gözlenmiştir. Pektin metilesteraz enzim aktivitesi ile viskozite arasında 0,527 korelasyon katsayı değeri ile istatistiki olarak anlamlı bir pozitif ilişki gözlenmiştir ($P<0,01$). Ayrıca enzim aktivitesi ile bulanıklık değeri, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite değerleri arasında anlamlı negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyal yük açısından karşılaştırıldığında ise, koruk suyunda artan enzim aktivitesi ile beraber toplam canlı ve küf/maya sayısının da pozitif yönde bir artma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Enzim aktivitesi ile esmerleşme indeksi arasında anlamlı bir korelasyon gözlenmemiştir ($P>0,05$). Toplam renk farkı ile bulanıklık değeri arasında istatistiki olarak anlamlı ve negatif korelasyon (-0,509) saptanmıştır. Benzer şekilde, literatür çalışmaları da işlenmiş meyve suyunda renk ile bulanıklık değeri arasındaki ilişkinin negatif olduğunu göstermektedir (Szczepeńska vd., 2021). Bulanıklık değeri ile mikrobiyal yük değerleri (toplam canlı ve toplam maya/küf) arasında sırasıyla -0,480 ve -0,589 korelasyon katsayıları ile negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Koruk suyunun antioksidan kapasite değerleri ile toplam fenolik ve flavonoid madde içeriği arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde pozitif korelasyon gözlenmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, işlenmiş meyve suyu örneklerinde benzer pozitif ilişkilerin olduğu görülmektedir (Bavisetty ve Venkatachalam 2021; Bhalerao, ve Chakraborty 2021).

Çizelge 4.15. Isıl işlem görmüş koruk suyu örneklerinde uygulanan kalite parametreleri arasındaki Pearson korelasyon sonuçları

	Briks	pH	Toplam Asitlik	(ΔE^*)	PME Aktivitesi	Viskozite	Bulanıklık Değeri	Esmerleşme İndeksi	Toplam Canlı Sayısı	Toplam Küf/Mayana Sayısı	Toplam Fenolik Madde Miktarı	Toplam Flavonoid Madde Miktarı	DPPH	ABTS
Briks	1,00													
pH	-0,010	1,00												
Toplam Asitlik (ΔE^*)	0,379*	0,143	1,00											
PME Aktivitesi	0,832**	-0,118	0,463**	1,00										
Viskozite	0,625**	0,022	0,042	0,705**	1,00									
Bulanıklık Değeri	-0,633**	-0,181	-0,509**	-0,509**	-0,535**	1,00								
Esmerleşme İndeksi	0,191	-0,065	0,455**	0,298*	0,221	-0,068	1,00							
Toplam Canlı Sayısı	0,373*	0,079	0,352*	0,160	0,447**	0,258	-0,480**	1,00						
Toplam Küf/Mayana Sayısı	0,617**	0,194	0,389**	0,574**	0,661**	0,402**	-0,589**	0,218	1,00					
Toplam Fenolik Madde Miktarı	-0,711**	0,240	-0,242	-0,763**	-0,454**	-0,633**	0,453**	-0,205	-0,173	1,00				
Toplam Flavonoid Madde Miktarı	-0,710**	0,319*	-0,038	-0,735**	-0,505**	-0,681**	0,234	0,005	-0,099	-0,182	1,00			
DPPH	-0,808**	-0,089	-0,234	-0,791**	-0,675**	-0,517**	0,469**	-0,268	0,091	-0,490**	0,615**	0,643**	1,00	
ABTS	-0,678**	0,175	-0,034	-0,684**	-0,539**	-0,417**	0,252	-0,183	0,226	-0,318*	0,568**	0,701**	0,834**	1,00

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında koruk suyuna konvansiyonel, mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga ısıtma işlemleri 60, 70 ve 80 °C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta uygulanmış ve elde edilen örnekler 60 gün boyunca +4 °C sıcaklıkta depolanmıştır. Depolama süreci boyunca tüm örnek gruplarında, her 15 günde bir olacak şekilde, fizikokimyasal ve biyoaktif kalite özellikleri ile beraber mikrobiyal değişimleri incelenmiştir.

Pastörizasyon işlemleri koruk suyunun pH değerinde taze örneğe kıyasla artış gösterirken, mikrodalga pastörizasyon işleminin pH üzerindeki etkisi istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur ($P>0,05$). Koruk suyunun briks ve toplam asitlik değeri üzerine pastörizasyon işlemlerinin artırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Mikrodalga ve ultrases destekli mikrodalga işlemleri ile konvansiyonel yönteme kıyasla daha düşük asitlik değerlerine ulaşılırken, mikrodalga (80 °C) ve ultrases destekli mikrodalga işlemleri koruk suyunun briks değerinde taze örneğe kıyasla sırasıyla %22,4 ve %20,3 oranlarında azalmaya neden olmuştur. Depolama süresince koruk suyu örneklerinin briks ve toplam asitlik değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P<0,05$).

Pastörizasyon sıcaklığı ve depolama süresinin artması ile beraber koruk suyu örneklerinin toplam renk farkı (ΔE) değerinde anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P<0,05$). Taze koruk suyu ile karşılaştırıldığında tüm pastörizasyon yöntemlerinin koruk suyunun viskozite değerini %9,2 – 48,0 oranında artırdığı belirlenmiştir. Pastörizasyon yöntemleri arasında koruk suyunda en yüksek viskozite değerlerine ultrases ön işlemi ile ulaşılmıştır. Depolama süresinin artması ile beraber koruk suyunun viskozite değerinde de artış gözlenmiştir. Isıl işlem uygulamaları taze örneğe kıyasla koruk suyunun bulanıklık değeri ve esmerleşme indeksinde istatistiki olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur ($P<0,05$). Depolama süresinin artması ile beraber bulanıklık indeksinde azalma olduğu belirlenmiştir. Esmerleşme indeksi üzerine en az etkili yöntem olarak ultrases-destekli mikrodalga ısıtma işlemi ön plana çıkarken, işlem sıcaklığı ile beraber artan işlem süresinin de esmerleşme indeksi üzerinde etkili olduğunu tespit edilmiştir. Tüm pastörizasyon yöntemleri ile koruk suyunun toplam canlı ve küf/maya sayısında taze örneğe kıyasla düşüş sağlanmıştır. Sıcaklık arttıkça mikrobiyal inhibisyon oranının da arttığı gözlemlenmiştir. Depolama süresinin artması ile beraber koruk suyunun mikrobiyal yükü artmıştır. Depolama süresi sonunda en düşük mikrobiyal yük değerleri ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon ile elde edilmiştir.

İlk gün yapılan pastörizasyon işlemleri ile meyve suyu endüstrisinde indikatör olarak bilinen pektin metilesteraz enziminin kalıntı aktivite değerinin koruk suyu örneklerinde <%10 olacak ölçüde inaktivasyonu sağlanmıştır. Tüm yöntemlerde artan işlem sıcaklığı ile beraber daha yüksek oranlarda enzim inaktivasyonu sağlanmıştır. Pastörizasyon yöntemleri arasında ultrases ön işlemi ile aynı işlem sıcaklıklarında ve daha kısa sürede, %4,7 – 6,1 oranlarında en düşük PME kalıntı aktivite değerlerine ulaşılmıştır. Depolama ile tüm koruk suyu örneklerinde enzim aktivite değerinin arttığı, ancak ultrases ön işleminin PME rejenerasyonunu en az artıran yöntem olduğu tespit edilmiştir. Böylece, koruk suyunun raf ömrü açısından ultrases uygulaması avantajlı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Taze koruk suyu ile kıyaslandığında tüm pastörizasyon tekniklerinin ve her bir yöntemde artan işlem sıcaklığının antioksidan kapasite değerlerinde, DPPH ve ABTS için sırasıyla %1,7 – 32,2 ve %3,3 – 18,6 oranlarında düşürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, artan depolama süresi ile (0 – 60 gün) koruk suyunun antioksidan kapasitesinde istatistiki olarak anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P<0,05$). Pastörizasyon yöntemleri kendi arasında karşılaştırıldığında, antioksidan kapasite değerinin en iyi korunduğu teknik olarak ultrases destekli mikrodalga işlemi ön plana çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında, ultrases ön işleminin koruk suyunun fizikokimyasal parametreleri (ΔE , bulanıklık değeri ve esmerleşme indeksi, PME aktivitesi) üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık oluşturduğu ($P<0,05$) ve belirlenen değişimlerin koruk suyunun kalite özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, diğer pastörizasyon yöntemlerine kıyasla ultrases destekli mikrodalga pastörizasyon işleminin uygulandığı koruk suyu örnekleri yüksek toplam fenolik madde, flavonoid ve antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS) değerleri açısından biyoaktif bileşiklerin korunmasında avantajlı bir teknik olarak ön plana çıkmıştır. Mikrobiyal açıdan değişim incelendiğinde ise ultrases ön işleminin mikrobiyal popülasyonda, özellikle toplam küf/maya sayısında, önemli bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Taze ve işlenmiş koruk suyu örneklerinde analiz edilen kalite özelliklerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin saptanmasında Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Pearson korelasyon testine göre pektin metilesteraz enzim aktivitesi ile viskozite arasında yüksek korelasyon katsayı değeri (0,527) ile istatistiki olarak anlamlı bir pozitif ilişki gözlenmiştir ($P<0,01$). Ayrıca koruk suyunun antioksidan kapasite değerleri ile toplam fenolik ve flavonoid madde içeriği arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde pozitif korelasyon gözlenmiştir. Sonuç olarak, konvansiyonel pastörizasyon yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen yenilikçi yöntemler olarak bilinen ultrases ve mikrodalga tekniklerinin koruk suyunun işlenmesinde kullanılabileceğini ve böylece

tüketici sağlığı açısından kalite özellikleri iyileştirilmiş son ürünlerin elde edilebileceğini göstermektedir.



KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X.-A., Zhang, Z.-H., Wang, M.-S., Han, Z., Jing, H., ve Jabbar, S. (2015). Thermosonication: a potential technique that influences the quality of grapefruit juice. *International Journal of Food Science ve Technology*, 50(5), 1275–1282. <https://doi:10.1111/ijfs.12766>
- Aburto, J., Moran, M., Galano, A., ve Torres-García, E. (2015). Non-isothermal pyrolysis of pectin: A thermochemical and kinetic approach. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 112, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.02.012>
- Adulvitayakorn, S., Azhari, S. H., ve Hasan, H. (2020). The effects of conventional thermal, microwave heating, and thermosonication treatments on the quality of sugarcane juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(2), e14322.
- Aghajanzadeh, S., ve Ziaifar, A. M. (2018). A review of pectin methylesterase inactivation in citrus juice during pasteurization. *Trends in Food Science and Technology*, 71, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.013>
- Aghajanzadeh, S., Ziaifar, A. M., Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y., ve Esmailzadeh, E. (2016). Thermal inactivation kinetic of pectin methylesterase and cloud stability in sour orange juice. *Journal of Food Engineering*, 185, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.04.004>
- Ağçam, E., Akyıldız, A., ve Dündar, B. (2018). Thermal Pasteurization and Microbial Inactivation of Fruit Juices. İçinde *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00017-5>
- Akan, E., Yerlikaya, O., ve Kınık, Ö. (2014). Psikrotrof bakterilerin çiğ süt ve süt ürünleri kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4), 68-78.
- Alabdali, T. A., Icyer, N. C., Ucak Ozkaya, G., ve Durak, M. Z. (2020). Effect of stand-alone and combined ultraviolet and ultrasound treatments on physicochemical and microbial characteristics of pomegranate juice. *Applied Sciences*, 10(16), 5458.
- Alipour, M., Davoudi, P., ve Davoudi, Z. (2012). Effects of unripe grape juice (verjuice) on plasma lipid profile, blood pressure, malondialdehyde and total antioxidant capacity in normal, hyperlipidemic and hyperlipidemic with hypertensive human volunteers. *Journal*

of Medicinal Plants Research, 6(45), 5677-5683.

Amaro, K. C., ve Tadini, C. C. (2021a). The optimal time-temperature conditions for orange juice microwave – assisted pasteurization. *LWT*, 150(June), 111907. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111907>

Amaro, K. C., ve Tadini, C. C. (2021b). The optimal time-temperature conditions for orange juice microwave–assisted pasteurization. *Lwt*, 150(June), 111907. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111907>

Anaya-Esparza, L. M., Méndez-Robles, M. D., Sayago-Ayerdi, S. G., García-Magaña, M. D. L., Ramírez-Mares, M. V., Sánchez-Burgos, J. A., ve Montalvo-González, E. (2017). Effect of thermosonication on pathogenic bacteria, quality attributes and stability of soursop nectar during cold storage. *CyTA-Journal of Food*, 15(4), 592-600.

Anese, M., Mirolo, G., Beraldo, P., ve Lippe, G. (2013). Effect of ultrasound treatments of tomato pulp on microstructure and lycopene in vitro bioaccessibility. *Food chemistry*, 136(2), 458-463.

Arjmandi, M., Otón, M., Artés, F., Artés-Hernández, F., Gómez, P. A., ve Aguayo, E. (2017). Continuous microwave pasteurization of a vegetable smoothie improves its physical quality and hinders detrimental enzyme activity. *Food Science and Technology International*, 23(1), 36-45.

Bağcı, U., ve Temiz, A. (2006). Taze sıkılmış meyve sularının mikrobiyolojik kalitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 4, 1-20.

Bavisetty, S. C. B., ve Venkatachalam, K. (2021). Physicochemical qualities and antioxidant properties of juice extracted from ripe and overripe wax apple as affected by pasteurization and sonication. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), e15524.

Becerikli, İ. (2017). *Soğan suyunun geleneksel ısıl işlem ile pastörizasyonu* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Bhalerao, P. P., ve Chakraborty, S. (2021). Integrated calculation of pasteurization time: A case study for thermal inactivation kinetics of a mixed fruit beverage. *Journal of Food Process Engineering*, 44(8). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13761>

Bhardwaj, R. L., ve Pandey, S. (2011). Juice blends—a way of utilization of under-utilized fruits, vegetables, and spices: a review. *Critical Reviews in Food Science and*

Nutrition, 51(6), 563-570.

- Bozkır, H., ve Ergün, A. R. (2020). The Effects of Microwave and Thermosonication Applications on the Quality in The Pasteurization of Orange Juice. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2612-2618.
- Briongos, H., Illera, A. E., Sanz, M. T., Melgosa, R., Beltrán, S., ve Solaesa, A. G. (2016). Effect of high pressure carbon dioxide processing on pectin methylesterase activity and other orange juice properties. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 411–419. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.069>
- Brugos, A. F., Gut, J. A., ve Tadini, C. C. (2018). Inactivation kinetics of pectin methyl esterase in the microwave-assisted pasteurization of orange juice. *LWT*, 97, 603-609.
- Buerman, E. C., Worobo, R. W., ve Padilla-Zakour, O. I. (2021). High pressure processing of heat and pressure resistant fungi as affected by pH, water activity, sulfites, and dimethyl dicarbonate in a diluted apple juice concentrate. *Food Control*, 120(April 2020), 107551. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107551>
- Buvé, C., Kebede, B. T., De Batselier, C., Carrillo, C., Pham, H. T., Hendrickx, M., ... ve Van Loey, A. (2018). Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 216, 42-51.
- Cantu, D., ve Walker, M. A. (2019). *The grape genome*. Springer.
- Canumir, J. A., Celis, J. E., de Bruijn, J., ve Vidal, L. V. (2002). Pasteurisation of apple juice by using microwaves. *LWT-Food Science and Technology*, 35(5), 389-392.
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M., 2001. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 24.
- Cemeroğlu, B.S. (2018). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Ankara: Bizim Grup Basımevi.
- Cemeroğlu, B., (2010). Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi: Ankara.
- Cevik, M. (2021). Electrical conductivity and performance evaluation of verjuice concentration process using ohmic heating method. *Journal of Food Process Engineering*, 44(5). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13672>
- Ceviz, G. (2006). *Alicyclobacillus acidoterrestris* sporlarının değişik ortam koşullarında ısıl dayanıklılığının belirlenmesi (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Ch, A., Delgado-pando, G., Linton, M., Patterson, M. F., ve Koidis, A. (2016). Industrial scale microwave processing of tomato juice using a novel continuous microwave system. *Food Chemistry*, 190, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.015>
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., ve Basak, T. (2013). Microwave food processing-A review. *Food Research International*, 52(1), 243–261. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.033>
- Chang, Y. H., Wu, S. J., Chen, B. Y., Huang, H. W., ve Wang, C. Y. (2017). Effect of high-pressure processing and thermal pasteurization on overall quality parameters of white grape juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(10), 3166–3172. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8160>
- Cheng, C. X., Jia, M., Gui, Y., ve Ma, Y. (2020). Comparison of the effects of novel processing technologies and conventional thermal pasteurisation on the nutritional quality and aroma of Mandarin (Citrus unshiu) juice. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 64, 102425.
- Chizoba Ekezie, F. G., Sun, D. W., Han, Z., ve Cheng, J. H. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.014>
- Chua, L. S., ve Leong, C. Y. (2020). Effects of microwave heating on quality attributes of pineapple juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14786>
- Cinquanta, L., Albanese, D., Cuccurullo, G., ve Di Matteo, M. (2010). Effect on orange juice of batch pasteurization in an improved pilot-scale microwave oven. *Journal of Food Science*, 75(1), 46–50. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01412.x>
- Clodoveo, M. L., Dipalmo, T., Rizzello, C. G., Corbo, F., ve Crupi, P. (2016). Emerging technology to develop novel red winemaking practices: An overview. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38, 41–56. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.08.020>
- Cortés, C., Esteve, M. J., ve Frigola, A. (2008). Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food control*, 19(2), 151-158.

- Cosme, F., Pinto, T., ve Vilela, A. (2018). Phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices: A chemical and sensory view. *Beverages*, 4(1), 22.
- Coutinho, H., Costa, D. B., Sayuri, É., Augusto, T., Bezerra, B., Oliveira, D. De, Gustavo, L., Vieira, M., Andrey, J., Gut, W., Engineering, F., Federal, U., De, S., ve Lagoas, S. (2021). Effect of microwave-assisted processing on polyphenol oxidase and peroxidase inactivation kinetics of açai-berry (*Euterpe oleracea*) pulp. *Food Chemistry*, 341(September 2020), 128287. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128287>
- Çağlar, D., Rayman Ergün, A., ve Baysal, T. (2021). Effects of microwave pasteurization on the thermal resistance of *Zygosaccharomyces rouxii* and on the physicochemical properties of organic intermediate moisture raisin. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15382>
- da Silva, D. A. M., Fernandes, M. S., Endo, E. H., Vital, A. C. P., Britta, E. A., Favero, M. E., Castro, J. C., Matumoto-Pintro, P. T., Dias Filho, B. P., Nakamura, C. V., Machinski Junior, M., Mikcha, J. M. G., ve de Abreu Filho, B. A. (2021). Control of the growth of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in industrialized orange juice using rosemary essential oil and nisin. *Letters in Applied Microbiology*, 72(1), 41–52. <https://doi.org/10.1111/lam.13385>
- Dar, A. H., Shams, R., Rizvi, Q. ul E. H., ve Majid, I. (2020). Microwave and ohmic heating of fresh cut fruits and vegetable products. In *Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816184-5.00013-6>
- Das, M. J., Das, A. J., Chakraborty, S., Baishya, P., Ramteke, A., ve Deka, S. C. (2020). Effects of microwave combined with ultrasound treatment on the pasteurization and nutritional properties of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), 1–19. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14904>
- De Albuquerque, C. D., Curet, S., ve Boillereaux, L. (2021). Influence of heating rate during microwave pasteurization of ground beef products: Experimental and numerical study. *Journal of Food Process Engineering*, 44(7). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13722>
- de Souza Comapa, S., Carvalho, L. M. S., Lamarão, C. V., Souza, F. D. C. D. A., Aguiar, J. P. L., da Silva, L. S., ... ve Campelo, P. H. (2019). Microwave processing of camu-camu juices: Physicochemical and microbiological parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(7), e13989.

- Dede, S., Alpas, H., ve Bayındırlı, A. (2007). High hydrostatic pressure treatment and storage of carrot and tomato juices: Antioxidant activity and microbial safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(5), 773-782.
- Demirdöven, A., ve Baysal, T. (2008). The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25(1), 1-11.
- Demirdöven, A., ve Baysal, T. (2015). Effects of electrical pre-treatment and alternative heat treatment applications on orange juice production and storage. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 443-452.
- Devi, A. F., Au, X. N., Weerakkody, R., Sanguansri, P., Swiergon, P., Singh, T., ... ve V Gamage, T. (2021). Microwave pasteurised pear snack: Quality and microbiological stability. *Food and Bioprocess Technology*, 14(9), 1615-1630.
- Dhar, R., Bhalerao, P. P., ve Chakraborty, S. (2021). Formulation of a mixed fruit beverage using fuzzy logic optimization of sensory data and designing its batch thermal pasteurization process. *Journal of Food Science*, 86(2), 463–474. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15583>
- Dinaku, A., Ballata, A., Troja, R., ve Shabani, L. EVALUATION OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF FRUIT JUICE (FROM A SINGLE FRUIT).
- Dinçer, C., ve Topuz, A. (2018). MEYVE SUYU İŞLEMEDE ULTRASES KULLANIMI. *Gıda*, 43(4), 569-581.
- do Amaral Souza, F. D. C., Moura, L. G. S., de Oliveira Bezerra, K., Aguiar, J. P. L., Mar, J. M., Sanches, E. A., ... ve Campelo, P. H. (2019). Thermosonication applied on camu-camu nectars processing: Effect on bioactive compounds and quality parameters. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 212-218.
- Dubey, A., Diwakar, S. K., Rawat, S. K., Kumar, P., Batra, N., Joshi, A., ve Singh, J. (2007). Characterization of ionically bound peroxidases from apple (*Mallus pumilus*) fruits. *Preparative biochemistry ve biotechnology*, 37(1), 47-58.
- Dupas de Matos, A., Curioni, A., Bakalinsky, A. T., Marangon, M., Pasini, G., ve Vincenzi, S. (2017). Chemical and sensory analysis of verjuice: an acidic food ingredient obtained from unripe grape berries. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.014>
- Dupas de Matos, A., Marangon, M., Magli, M., Cianciabella, M., Predieri, S., Curioni, A., ve

- Vincenzi, S. (2019). Sensory characterization of cucumbers pickled with verjuice as novel acidifying agent. *Food Chemistry*, 286(January), 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.216>
- El-kaderi, B., Tlais, S., Alkhatib, A., ve Hamdan, R. (2020). Effect of thermal processing time on the physicochemical and sensory properties of Lebanese Tfayfiha verjuice variety. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5, 3.
- Ergezer, H., Gökçe, R., ve Akcan, T. (2018). Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavesinin Etkisi. *Akademik Gıda*, 16(3), 287-292.
- Erte, E., Vural, N., Mehmetoğlu, Ü., ve Güvenç, A. (2020). Optimization of an abiotic elicitor (ultrasound) treatment conditions on trans-resveratrol production from Kalecik Karası (*Vitis vinifera* L.) grape skin. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04722-w>
- Esteve, M. J., Frígola, A., Rodrigo, C., ve 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.
- Esteve, M. J., ve Frigola, A. (2008). The effects of thermal and nonthermal processing on vitamin C, carotenoids, phenolic compounds and total antioxidant capacity in orange juice. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 2, 128-134.
- Evelyn, ve Silva, F. V. M. (2015). Inactivation of *Byssoschlamys nivea* ascospores in strawberry puree by high pressure, power ultrasound and thermal processing. *International Journal of Food Microbiology*, 214, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.031>
- Fan, Q., Liu, C., Gao, Z., Hu, Z., Wang, Z., Xiao, J., Yuan, Y., ve Yue, T. (2021). Inactivation Effect of Thymoquinone on *Alicyclobacillus acidoterrestris* Vegetative Cells, Spores, and Biofilms. *Frontiers in Microbiology*, 12(June), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.679808>
- Ferguson, K., da Cruz, M. A., Ferrarezi, R., Dorado, C., Bai, J., ve Cameron, R. G. (2021). Impact of Huanglongbing (HLB) on grapefruit pectin yield and quality during grapefruit maturation. *Food Hydrocolloids*, 113(September 2020), 106553. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106553>
- Fia, G., Bucalossi, G., Proserpio, C., ve Vincenzi, S. (2021). Unripe grapes: an overview of the

composition, traditional and innovative applications, and extraction methods of a promising waste of viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12522>

Fia, G., Bucalossi, G., Proserpio, C., ve Vincenzi, S. (2022). Unripe grapes: an overview of the composition, traditional and innovative applications, and extraction methods of a promising waste of viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 28(1), 8-26.

Fia, Giovanna, Bucalossi, G., ve Zanoni, B. (2021b). Characterisation of extracts obtained from unripe grapes and evaluation of their potential protective effects against oxidation of wine colour in comparison with different oenological products. *Foods*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/foods10071499>

Fia, Giovanna, Bucalossi, G., Gori, C., Borghini, F., ve Zanoni, B. (2020). Recovery of bioactive compounds from unripe red grapes (cv. Sangiovese) through a green extraction. *Foods*, 9(5), 4–7. <https://doi.org/10.3390/foods9050566>

Gargi, A., ve Sengun, I. Y. (2021). Marination liquids enriched with probiotics and their inactivation effects against food-borne pathogens inoculated on meat. *Meat Science*, 182(June), 108624. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108624>

Gençdağ, E., Görgüç, A., Okuroğlu, F., ve Yılmaz, F. M. (2021). The effects of power - ultrasound, peroxyacetic acid and sodium chloride washing treatments on the physical and chemical quality characteristics of dried figs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15009>

Geraldi, M. V., Cazarin, C. B. B., Dias-Audibert, F. L., Pereira, G. A., Carvalho, G. G., Kabuki, D. Y., ... ve Júnior, M. R. M. (2021). Influence of high isostatic pressure and thermal pasteurization on chemical composition, color, antioxidant properties and sensory evaluation of jaboticaba juice. *LWT*, 139, 110548.

Gerard, K. A., ve Roberts, J. S. (2004). Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality. *LWT-Food Science and Technology*, 37(5), 551-557.

Glevitzky, M., Bogdan, I., Brusturean, G. A., ve Silaghi-Perju, D. (2007). Use of pasteurization units or equivalent for the quality estimation of fruit juices submitted to different thermal treatments. *Chem. Bull. Politeh. Univ.(Timișoara)*, 52(66), 18-20.

Gomes, A., Costa, A. L. R., Rodrigues, P. D., de Castro, R. J. S., ve Silva, E. K. (2022).

- Sonoprocessing of freshly squeezed orange juice: Ascorbic acid content, pectin methylesterase activity, rheological properties and cloud stability. *Food Control*, *131*, 108391.
- Gomes, A., Rodrigues Costa, A. L., Dias, P. R., Soares de Castro, R. J., ve Silva, E. K. (2021). Sonoprocessing of freshly squeezed orange juice: Ascorbic acid content, enzyme activity, rheological behavior and cloud stabilization. *Food Control*, 108391. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108391>
- Gómez-Govea, M., Solís-Soto, L., Heredia, N., García, S., Moreno, G., Tovar, O., ve Isunza, G. (2012). Analysis of microbial contamination levels of fruits and vegetables at retail in Monterrey, Mexico. *J. Food Agric. Environ*, *10*(1), 152-156.
- Gómez-lópez, V. M., Pataro, G., Tiwari, B., Gozzi, M., Meireles, M. Á. A., Wang, S., Guamis, B., Pan, Z., Ramaswamy, H., Sastry, S., Kuntz, F., Cullen, P. J., Vidyarthi, K., Ling, B., Quevedo, J. M., Strasser, A., Vignali, G., Veggi, P. C., Gervilla, R., ... Morata, A. (2021). Guidelines on reporting treatment conditions for emerging technologies in food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *0*(0), 1–25. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1895058>
- González-Monroy, A. D., Rodríguez-Hernández, G., Ozuna, C., ve Sosa-Morales, M. E. (2018). Microwave-assisted pasteurization of beverages (tamarind and green) and their quality during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *49*(April), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.07.016>
- Gouma, M., Álvarez, I., Condón, S., ve Gayán, E. (2020). Pasteurization of carrot juice by combining UV-C and mild heat: Impact on shelf-life and quality compared to conventional thermal treatment. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, *64*, 102362.
- Guler, A., Tokusoglu, O., ve Artik, N. (2018). Alterations on phenolic compounds and antioxidant activity during sour grape juice concentrate processing. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, *33*(2), 136-144.
- Gutiérrez-Gamboa, G., Mengyuan, W., Moreno-Simunovic, Y., Sun, X. Y., ve Fang, Y. (2021). Potential opportunities of thinned clusters in viticulture: a mini review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(11), 4435–4443. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11170>
- Guzik, P., Kulawik, P., Zając, M., ve Migdał, W. (2021). Microwave applications in the food

industry: an overview of recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1922871>

Gümüşderelioğlu, M., Kaynak, G., 2012. Mikrodalga ve uygulamaları. *Bilim ve Teknik* Temmuz, 38-42.

Hashemi, S. M. B., Gholamhosseinpour, A., ve Niakousari, M. (2019). Application of microwave and ohmic heating for pasteurization of cantaloupe juice: microbial inactivation and chemical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(9), 427

Hassan, N. B. A., Abdalla, M. O. M., ve Nour, A. A. A. M. (2009). Microbiological quality of heat-treated milk during storage. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(12), 1845-1848.

Hayoglu, I., Kola, O., Kaya, C., Özer, S., ve Turkoglu, H. (2009). Chemical and sensory properties of verjuice, a traditional Turkish non-fermented beverage from Kabarcik and Yediveren grapes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 252-263.

Huang, B., Zhao, K., Zhang, Z., Liu, F., Hu, H., ve Pan, S. (2018). Changes on the rheological properties of pectin-enriched mango nectar by high intensity ultrasound. *LWT*, 91, 414-422.

Igual, M. G. M. E., García-Martínez, E., Camacho, M. M., ve Martínez-Navarrete, N. (2010). Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 118(2), 291-299.

Igual, M., Contreras, C., Camacho, M. M., ve Martínez-Navarrete, N. (2014). Effect of thermal treatment and storage conditions on the physical and sensory properties of grapefruit juice. *Food and Bioprocess Technology*, 7(1), 191-203.

Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M., ve Martínez-Navarrete, N. (2011). Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 12(2), 153-162

Ishara, A. W. S., ve Gunasena, G. D. D. K. (2021). Heat resistant moulds in pasteurized fruit syrups. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(1), 104-111.

Jolie, R. P., Duvetter, T., Van Loey, A. M., ve Hendrickx, M. E. (2010). Pectin methylesterase and its proteinaceous inhibitor: A review. *Carbohydrate Research*, 345(18), 2583–2595. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2010.10.002>

- Kaavya, R., Pandiselvam, R., Abdullah, S., Sruthi, N. U., Jayanath, Y., Ashokkumar, C., Chandra Khanashyam, A., Kothakota, A., ve Ramesh, S. V. (2021). Emerging non-thermal technologies for decontamination of Salmonella in food. *Trends in Food Science and Technology*, 112(November 2020), 400–418. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.011>
- Kahraman, O., ve Feng, H. (2021). Continuous-flow manothermosonication treatment of apple-carrot juice blend: Effects on juice quality during storage. *Lwt*, 137(October 2020), 110360. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110360>
- Kanellis, A. K., ve Roubelakis-Angelakis, K. A. (1993). Grape. In *Biochemistry of fruit ripening* (pp. 189-234). Springer, Dordrecht.
- Kanjanapongkul, K., ve Baibua, V. (2021). Effects of ohmic pasteurization of coconut water on polyphenol oxidase and peroxidase inactivation and pink discoloration prevention. *Journal of Food Engineering*, 292(July 2020), 110268. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110268>
- Karabiyikli, Ş., ve Öncül, N. (2016). Inhibitory Effect of Unripe Grape Products on Foodborne Pathogens. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1459–1465. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12731>
- Kaya, Z. (2018). Development of different koruk (Unripe grape) products by using several processing techniques.
- Kaya, Z., Unluturk, S., Martin-belloso, O., ve Soliva-fortuny, R. (2020). Effectiveness of pulsed light treatments assisted by mild heat on *Saccharomyces cerevisiae* activation in verjuice and evaluation of its quality during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 66(September), 102517. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102517>
- Kernou, O. N., Belbahi, A., Amir, A., Bedjaoui, K., Kerdouche, K., Dairi, S., Aoun, O., ve Madani, K. (2021). Effect of sonication on microwave inactivation of *Escherichia coli* in an orange juice beverage. *Journal of Food Process Engineering*, 44(5), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13664>
- Khadhraoui, B., Ummat, V., Tiwari, B. K., Fabiano-Tixier, A. S., ve Chemat, F. (2021). Review of ultrasound combinations with hybrid and innovative techniques for extraction and processing of food and natural products. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105625. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105625>

- Kırlangıç, O., Ilgaz, C., ve Kadiroğlu, P. (2021). Influence of pasteurization and storage conditions on microbiological quality and aroma profiles of shalgam. *Food Bioscience*, 44(August). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101350>
- Kulmann de Medeiros, J., Sarkis, J. R., Jaeschke, D. P., ve Mercali, G. D. (2021). Thermosonication for peroxidase inactivation in sugarcane juice. *Lwt*, 140(December 2020), 110730. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110730>
- Kumar, S., Khadka, M., Mishra, R., Kohli, D., ve Upadhaya, S. (2017). Effects of conventional and microwave heating pasteurization on physicochemical properties of pomelo (*Citrus maxima*) juice. *Journal of Food Processing and Technology*, 8(7), 1-4.
- Kumar, V., Jain, S. K., Amitabh, A., ve Chavan, S. M. (2021). Effect of ohmic heating on physicochemical, bioactive compounds, and shelf life of watermelon flesh-rind drinks. *Journal of Food Process Engineering*, May. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13818>
- Lagnika, C., Adjovi, Y. C., Lagnika, L., Gogohounga, F. O., Do-Sacramento, O., Koulony, R. K., ve Sanni, A. (2017). Effect of combining ultrasound and mild heat treatment on physicochemical, nutritional quality and microbiological properties of pineapple juice. *Food and Nutrition Sciences*, 8(2), 227-241.
- Lamo, C., Shahi, N. C., Singh, A., ve Singh, A. K. (2019). Pasteurization of guava juice using induction pasteurizer and optimization of process parameters. *LWT*, 112, 108253.
- Lee, B., Seo, J. D., Rhee, J. K., ve Kim, C. Y. (2016). Heated apple juice supplemented with onion has greatly improved nutritional quality and browning index. *Food Chemistry*, 201, 315-319.
- Li, S., Zhang, R., Lei, D., Huang, Y., Cheng, S., Zhu, Z., Wu, Z., ve Cravotto, G. (2021). Impact of ultrasound, microwaves and high-pressure processing on food components and their interactions. *Trends in Food Science and Technology*, 109(December 2020), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.017>
- Liao, H., Zhu, W., Zhong, K., ve Liu, Y. (2020). Evaluation of colour stability of clear red pitaya juice treated by thermosonication. *Lwt*, 121(July 2019), 108997. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108997>
- Ma, T., Tian, C., Luo, J., Zhou, R., Sun, X., ve Ma, J. (2013). Influence of technical processing units on polyphenols and antioxidant capacity of carrot (*Daucus carrot L.*) juice. *Food chemistry*, 141(3), 1637-1644.

- Mala, T., Sadiq, M. B., ve Anal, A. K. (2021). Optimization of thermosonication processing of pineapple juice to improve the quality attributes during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01011-8>
- Manzoor, M. F., Siddique, R., Hussain, A., Ahmad, N., Rehman, A., Siddeeg, A., ... ve Yahya, M. A. (2021). Thermosonication effect on bioactive compounds, enzymes activity, particle size, microbial load, and sensory properties of almond (*Prunus dulcis*) milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78, 105705.
- Marszałek, K., Woźniak, Ł., Skąpska, S., ve Mitek, M. (2016). A Comparative Study of the Quality of Strawberry Purée Preserved by Continuous Microwave Heating and Conventional Thermal Pasteurization During Long-Term Cold Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 9(7), 1100–1112. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1698-x>
- Marszałek, K., Krzyżanowska, J., Woźniak, Ł., ve Skąpska, S. (2017). Kinetic modelling of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin esterase, polygalacturonase, degradation of the main pigments and polyphenols in beetroot juice during high pressure carbon dioxide treatment. *Lwt*, 85, 412–417. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.018>
- Martins, C. P. C., Cavalcanti, R. N., Cardozo, T. S. F., Couto, S. M., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Esmerino, E. A., Granato, D., ve Cruz, A. G. (2021). Effects of microwave heating on the chemical composition and bioactivity of orange juice-milk beverages. *Food Chemistry*, 345(November 2020), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128746>
- McClements, D. J., Das, A. K., Dhar, P., Nanda, P. K., ve Chatterjee, N. (2021). Nanoemulsion-Based Technologies for Delivering Natural Plant-Based Antimicrobials in Foods. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(February), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.643208>
- Mendes-Oliveira, G., Deering, A. J., San Martin-Gonzalez, M. F., ve Campanella, O. H. (2020). Microwave pasteurization of apple juice: Modeling the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Typhimurium* at 80–90 °C. *Food Microbiology*, 87, 103382. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103382>
- Mercali, G. D., Jaeschke, D. P., Tessaro, I. C., ve Marczak, L. D. F. (2012). Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT-Food*

Science and Technology, 47(1), 91-95.

- Moon, K. M., Kwon, E. Bin, Lee, B., ve Kim, C. Y. (2020). Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. *Molecules*, 25(12). <https://doi.org/10.3390/molecules25122754>
- Mouille, G., Ralet, M. C., Cavelier, C., Eland, C., Effroy, D., Hématy, K., McCartney, L., Truong, H. N., Gaudon, V., Thibault, J. F., Marchant, A., ve Höfte, H. (2007). Homogalacturonan synthesis in *Arabidopsis thaliana* requires a Golgi-localized protein with a putative methyltransferase domain. *Plant Journal*, 50(4), 605–614. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03086.x>
- Müller, W. A., Pasin, M. V. A., Sarkis, J. R., Marczak, L. D. F. (2021). Effect of pasteurization on *Aspergillus fumigatus* in apple juice: Analysis of the thermal and electric effects. *International Journal of Food Microbiology*, 338, 108993. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108993>
- Nasser, M., Cheikh-Ali, H., Hijazi, A., Merah, O., Al-Rekaby, A. E. A. N., ve Awada, R. (2020). Phytochemical profile, antioxidant and antitumor activities of green grape juice. *Processes*, 8(5), 507.
- Nayak, P. K., Chandrasekar, C. M., ve Kesavan, R. K. (2018). Effect of thermosonication on the quality attributes of star fruit juice. *Journal of food process engineering*, 41(7), e12857.
- Nayak, P. K., Basumatary, B., Chandrasekar, C. M., Seth, D., ve Kesavan, R. K. (2020). Impact of thermosonication and pasteurization on total phenolic contents, total flavonoid contents, antioxidant activity, and vitamin C levels of elephant apple (*Dillenia indica*) juice. *Journal of Food Process Engineering*, 43(8), e13447.
- Negri Rodríguez, L. M., Arias, R., Soteras, T., Sancho, A., Pesquero, N., Rossetti, L., Tacca, H., Aimaretti, N., Rojas Cervantes, M. L., ve Szerman, N. (2021). Comparison of the quality attributes of carrot juice pasteurized by ohmic heating and conventional heat treatment. *Lwt*, 145(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111255>
- Nikfardjam, M. S. P. (2008). General and polyphenolic composition of unripe grape juice (verjus/verjuice) from various producers. *Mitteulingen Klosterneuburg*, 58, 28-31.
- Nikfardjam, M. S. P., ve Weinsberg, F. T. (2017). *General and polyphenolic composition of unripe grape juice (verjus / verjuice) from various producers. October.*

- Nwachukwu, E., ve 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.
- Oladunjoye, A. O., Adeboyejo, F. O., Okekunbi, T. A., ve Aderibigbe, O. R. (2021). Effect of thermosonication on quality attributes of hog plum (*Spondias mombin* L.) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105316.
- Olushola, S. M., Mayokun, O. M., Saheed, S. M., Elijah, A. O., ve Folahan, O. H. (2021). Effect of extracting methods on micro-organisms characterization in orange juice. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 23(2).
- Ozturk, B., ve Sengun, I. Y. (2019). Inactivation effect of marination liquids prepared with koruk juice and dried koruk pomace on Salmonella Typhimurium, Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes inoculated on meat. *International Journal of Food Microbiology*, 304(January), 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.013>
- Ölmez, H. (2016). Foodborne pathogenic bacteria in fresh-cut vegetables and fruits. In *Food Hygiene and Toxicology in Ready-to-Eat Foods* (pp. 151-166). Academic Press.
- Öncül, N., ve Karabiyikli, Ş. (2015). Factors Affecting the Quality Attributes of Unripe Grape Functional Food Products. *Journal of Food Biochemistry*, 39(6), 689–695. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12175>
- Öncül, N., ve Karabiyikli, Ş. (2019). Antibacterial effect of verjuice against food-borne pathogens. *British Food Journal*, 121(10), 2265–2276.
- Pagliarini, E., Spinelli, S., Proserpio, C., Monteleone, E., Fia, G., Laureati, M., Gallina Toschi, T., ve Dinnella, C. (2021). Sensory perception and food neophobia drive liking of functional plant-based food enriched with winemaking by-products. *Journal of Sensory Studies*, April, 1–9. <https://doi.org/10.1111/joss.12710>
- Paniagua-Martínez, I., Mulet, A., García-Alvarado, M. A., ve Benedito, J. (2018). Orange juice processing using a continuous flow ultrasound-assisted supercritical CO₂ system: Microbiota inactivation and product quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47(April), 362–370. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.024>
- Panigrahi, C., Vishwakarma, S., Mishra, H. N., ve De, S. (2021). Kinetic modeling for inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase enzymes during ozonation of sugarcane juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), 0–2.

<https://doi.org/10.1111/jfpp.15094>

- Parish, M. E. (1998). Coliforms, *Escherichia coli* and *Salmonella* serovars associated with a citrus-processing facility implicated in a salmonellosis outbreak. *Journal of Food Protection*, *61*(3), 280-284.
- Park, J. J., Olawuyi, I. F., ve Lee, W. Y. (2021). Influence of Thermo-sonication and Ascorbic Acid Treatment on Microbial Inactivation and Shelf-Life Extension of Soft Persimmon (*Diospyros kaki* T.) Juice. *Food and Bioprocess Technology*, *14*(3), 429-440.
- Pérez-Grijalva, B., Herrera-Sotero, M., Mora-Escobedo, R., Zebadúa-García, J. C., Silva-Hernández, E., Oliart-Ros, R., ... ve Guzmán-Gerónimo, R. (2018). Effect of microwaves and ultrasound on bioactive compounds and microbiological quality of blackberry juice. *LWT*, *87*, 47-53.
- Phanindrakumar, H. S., Radhakrishna, K., Mahesh, S., Jagannath, J. H., ve Bawa, A. S. (2005). Effect of pretreatments and additives on the thermal behavior and hygroscopicity of freeze-dried pineapple juice powder. *Journal of food processing and preservation*, *29*(5-6), 307-318.
- Pinto, R. O. M., Renata, B., Alberto, L., Jurkiewicz, C., Gut, J. A. W., Manoel, U., ve Landgraf, M. (2021). Microbiological feasibility of microwave processing of coconut water. *LWT*, *145*(March), 111344. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111344>
- Pliego-Arreaga, R., Regalado, C., Amaro-Reyes, A., ve García-Almendárez, B. E. (2021). Revista Mexicana de Ingeniería Química. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *12*(3), 505–511. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62029966013>
- Puligundla, P. (2013). Potentials of Microwave Heating Technology for Select Food Processing Applications - a Brief Overview and Update. *Journal of Food Processing ve Technology*, *04*(11). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000278>
- Rabie, M. A., Soliman, A. Z., Diaconeasa, Z. S., ve Constantin, B. (2015). Effect of Pasteurization and Shelf Life on the Physicochemical Properties of *Physalis peruviana* L.) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 1051-1060.
- Raju, S., ve Deka, S. C. (2018). Influence of thermosonication treatments on bioactive compounds and sensory quality of fruit (*Haematocarpus validus*) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(8), e13701.
- Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant*

Science and Research, 5(4), 47-56.

- Reisch, B. I., Owens, C. L., ve Cousins, P. S. (2012). Grape. In *Fruit breeding* (pp. 225-262). Springer, Boston, MA.
- Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., ve 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.
- Rojas, M. L., Kubo, M. T. K., Caetano-Silva, M. E., ve Augusto, P. E. D. (2021). Ultrasound processing of fruits and vegetables, structural modification and impact on nutrient and bioactive compounds: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 1–20. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15113>
- Saberian, H., Hamidi Esfahani, Z., ve Abbasi, S. (2015). Effect of Conventional and Ohmic Pasteurization on Some Bioactive Components of Aloe vera Gel Juice. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, 34(3), 99–108.
- Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Awad, F. N., ... ve Zeng, X. (2015). Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 452-458.
- Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Yuan, Q., Riaz, A., ... ve Zeng, X. (2017). Nutritional, microbial and physicochemical changes in pear juice under ultrasound and commercial pasteurization during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13237.
- Saikia, S., Mahnot, N. K., ve Mahanta, C. L. (2016). A comparative study on the effect of conventional thermal pasteurisation, microwave and ultrasound treatments on the antioxidant activity of five fruit juices. *Food Science and Technology International*, 22(4), 288–301. <https://doi.org/10.1177/1082013215596466>
- Salah Eddine, N., Tlais, S., Alkhatib, A., ve Hamdan, R. (2020). Effect of Four Grape Varieties on the Physicochemical and Sensory Properties of Unripe Grape Verjuice. *International Journal of Food Science*, 2020, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2020/6457982>
- Salazar-González, C., San Martín-González, M. F., Vergara-Balderas, F. T., López-Malo, A., ve Sosa-Morales, M. E. (2014). Physical-chemical and microbiological stability during refrigerated storage of microwave-pasteurized guava nectar. *Focus. Mod. Food Ind*, 3, 43-51.

- Salomão, B. D. C. M. (2018). Pathogens and Spoilage Microorganisms in Fruit Juice: An Overview. *Fruit Juices*, 291-308.
- Samani, B. H., Khoshtaghaza, M. H., Minaei, S., Zareifourosh, H., Eshtiaghi, M. N., ve Rostami, S. (2016). Design, development and evaluation of an automatic fruit-juice pasteurization system using microwave–ultrasonic waves. *Journal of food science and technology*, 53(1), 88-103.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., George, D. S., ve Somasundram, C. (2015). Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 313-321.
- Sasikumar, R., Vivek, K., ve Deka, S. C. (2019). Sensory evaluation of ultrasound assisted microwave treated fruit (*Haematocarpus validus*) juice through fuzzy logic approach. *International Food Research Journal*, 26(4), 1229-1236.
- Sattar, S., Imran, M., Mushtaq, Z., Ahmad, M. H., Arshad, M. S., Holmes, M., ... ve Khan, M. K. (2020). Retention and stability of bioactive compounds in functional peach beverage using pasteurization, microwave and ultrasound technologies. *Food Science and Biotechnology*, 29(10), 1381-1388.
- Sengun, I. Y., Goztepe, E., ve Ozturk, B. (2019). Efficiency of marination liquids prepared with koruk (*Vitis vinifera* L.) on safety and some quality attributes of poultry meat. *Lwt*, 113(April), 108317. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108317>
- Seow, E. K., Yeap, S. M., Easa, A. M., ve Tan, T. C. (2021). Composition, physicochemical properties, and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase from wax apple (*Syzygium samarangense*) juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1644–1652. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00756-y>
- Shahbaz, H. M., Kim, J. U., Kim, S. H., ve Park, J. (2018). The Inactivation of Pathogens in Fruit Juice: *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes*. In *Fruit Juices* (pp. 341-361). Academic Press.
- Shahnawaz, M., ve Shiekh, S. A. (2011). Analysis of viscosity of jamun fruit juice, squash and jam at different compositions to ensure the suitability of processing applications. *International Journal of plant physiology and Biochemistry*, 3(5), 89-94.
- Shamis, Y., Croft, R., Taube, A., Crawford, R. J., ve Ivanova, E. P. (2012). Review of the specific effects of microwave radiation on bacterial cells. *Applied microbiology and*

biotechnology, 96(2), 319-325.

Shen, Y., Xu, L., ve Li, Y. (2021). Biosensors for rapid detection of Salmonella in food: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 149–197. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12662>

Siguemoto, É. S., Gut, J. A. W., Martinez, A., ve Rodrigo, D. (2018b). Inactivation kinetics of Escherichia coli O157: H7 and Listeria monocytogenes in apple juice by microwave and conventional thermal processing. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 45, 84-91.

Siguemoto, É. S., Pereira, L. J., ve Gut, J. A. W. (2018). Inactivation kinetics of pectin methylesterase, polyphenol oxidase, and peroxidase in cloudy apple juice under microwave and conventional heating to evaluate non-thermal microwave effects. *Food and bioprocess technology*, 11(7), 1359-1369.

Siguemoto, É. S., Pereira, L. J., ve Gut, J. A. W. (2018a). Inactivation kinetics of pectin methylesterase, polyphenol oxidase, and peroxidase in cloudy apple juice under microwave and conventional heating to evaluate non-thermal microwave effects. *Food and bioprocess technology*, 11(7), 1359-1369.

Siguemoto, É. S., Purgatto, E., Hassimotto, N. M., ve Gut, J. A. (2019). Comparative evaluation of flavour and nutritional quality after conventional and microwave-assisted pasteurization of cloudy apple juice. *LWT*, 111, 853-860.

Singla, M., ve Sit, N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105506. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506>

Siwach, R., ve Kumar, M. (2012). Comparative study of thermosonication and thermal treatments on pectin methylesterase inactivation in mosambi juice. *Asian Journal of Dairying ve Foods Research*, 31(4), 290-296.

Škegro, M., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Kovač, A. P., Salkić, L., Čanak, I., ... ve Ježek, D. (2021). Chemometric Comparison of High-Pressure Processing and Thermal Pasteurization: The Nutritive, Sensory, and Microbial Quality of Smoothies. *Foods*, 10(6), 1167.

Song, J., Meng, L., Liu, C., Li, D., ve Zhang, M. (2018). Changes in color and carotenoids of sweet corn juice during high-temperature heating. *Cereal Chemistry*, 95(3), 486–494.

<https://doi.org/10.1002/cche.10051>

- Sulaiman, A., Farid, M., ve 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.
- Szczepańska, J., Skąpska, S., ve Marszałek, K. (2021). Continuous High-pressure Cooling-Assisted Homogenization Process for Stabilization of Apple Juice. *Food and Bioprocess Technology*, 14(6), 1101–1117. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02611-4>
- Szczepańska, J., Skąpska, S., Lorenzo, J. M., ve Marszałek, K. (2021). The Influence of Static and Multi-Pulsed Pressure Processing on the Enzymatic and Physico-Chemical Quality, and Antioxidant Potential of Carrot Juice During Refrigerated Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 14(1), 52–64. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02577-9>
- Techakanon, C., ve Sirimuangmoon, C. (2020). The effect of pasteurization and shelf life on the physicochemical, microbiological, antioxidant, and sensory properties of rose apple cider during cold storage. *Beverages*, 6(3), 43.
- Terefe, N. S., Gamage, M., Vilkh, K., Simons, L., Mawson, R., ve Versteeg, C. (2009). The kinetics of inactivation of pectin methylesterase and polygalacturonase in tomato juice by thermosonication. *Food Chemistry*, 117(1), 20-27.
- Tian, Y., Li, X., Cai, R., Yang, K., Gao, Z. P., Yuan, Y., Yue, T., ve Wang, Z. (2021). Aptamer modified magnetic nanoparticles coupled with fluorescent quantum dots for efficient separation and detection of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in fruit juices. *Food Control*, 126(November 2020), 108060. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108060>
- Tinello, F., Mihaylova, D., ve Lante, A. (2018). Effect of Dipping Pre-treatment with Unripe Grape Juice on Dried “Golden Delicious” Apple Slices. *Food and Bioprocess Technology*, 11(12), 2275–2285. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2186-2>
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O’Donnell, C. P., ve Cullen, P. J. (2009). Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(2), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.11.006>
- Tiwari, B. K., Patras, A., Brunton, N., Cullen, P. J., ve O’Donnell, C. P. (2010). Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(3), 598–604. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.10.009>

- Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., ve Cullen, P. J. (2009). Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 166-171.
- Tiwari, Brijesh K., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., ve Cullen, P. J. (2009b). Effect of sonication on orange juice quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(3), 586–595. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01858.x>
- Topalović, A., Knežević, M., Bajagić, B., Ivanović, L., Milašević, I., Đurović, D., Mugoša, B., Podolski-Renić, A., ve Pešić, M. (2020). Grape (*Vitis vinifera* L.): health benefits and effects of growing conditions on quality parameters. *Biodiversity and Biomedicine*, 385–401. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819541-3.00020-7>
- Turkmen, F. U., Takci, H. A. M., ve Sekeroglu, N. (2017). Total phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antimicrobial activities of traditional unripe grape products. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51, 489-493.
- Turkmen, F. U., Takci, H. M., Saglam, H., ve Sekeroglu, N. (2019). Investigation of some quality parameters of pomegranate, sumac and unripe grape sour products from Kilis markets. *Quality Assurance and Safety of Crops ve Foods*, 11(1), 61-71.
- Türkyılmaz, M., Hamzaoğlu, F., ve Özkan, M. (2021). Effects of pasteurization and storage on turbidity and copigmentation in pomegranate juices clarified with various hydrocolloid combinations. *Food Chemistry*, 358, 129803.
- Usaga, J., Acosta, Ó., Churey, J. J., Padilla-Zakour, O. I., ve Worobo, R. W. (2021). Evaluation of high pressure processing (HPP) inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, and *Listeria monocytogenes* in acid and acidified juices and beverages. *International Journal of Food Microbiology*, 339(December 2020), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109034>
- Vadivambal, R., ve Jayas, D. S. (2010). Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials-A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3(2), 161–171. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0136-0>
- Vahedi, N., Tehrani, M. M., ve Shahidi, F. (2008). Optimizing of Fruit Yoghurt Formulation and Evaluating Its Quality During Storage. *J. Agric. ve Environ. Sci*, 3(6), 922–927. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.605.2295verep=rep1vetype=pdf>

- Vegara, S., Martí, N., Mena, P., Saura, D., ve Valero, M. (2013). Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. *LWT-Food Science and Technology*, 54(2), 592-596.
- Vendramin, V., Viel, A., ve Vincenzi, S. (2021). Caftaric acid isolation from unripe grape: A “green” alternative for hydroxycinnamic acids recovery. *Molecules*, 26(4). <https://doi.org/10.3390/molecules26041148>
- Wang, Z., Yue, T., Yuan, Y., Zhang, Y., Gao, Z., ve Cai, R. (2021). Targeting the vanillic acid decarboxylase gene for *Alicyclobacillus acidoterrestris* quantification and guaiacol assessment in apple juices using real time PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 338, 109006.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Santiago, J. S., Tomic, J., Vervoort, L., Hendrickx, M., ve Van Loey, A. (2015a). 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.131>
- Wibowo, S., Vervoort, L., Tomic, J., Santiago, J. S., Lemmens, L., Panozzo, A., Grauwet, T., Hendrickx, M., ve Van Loey, A. (2015b). Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage. *Food Chemistry*, 171, 330–340. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.007>
- Wu J, Gamage TV, Vilku KS, Simons LK, Mawson R. 2008. Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2): 186–195
- Yang, Y., Shen, H., Tian, Y., You, Z., ve Guo, Y. (2019). Effect of thermal pasteurization and ultraviolet treatment on the quality parameters of not-from-concentrate apple juice from different varieties. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 189-198.
- Yemenicioğlu, A., Özkan, M., Cemeroglu, B., 1997. Heat Inactivation Kinetics of Apple Polyphenoloxidase and Activation of its Latent Form. *Journal of Food Science*, 62(3), 508-510.
- Yıkmış, S. (2020). Sensory, physicochemical, microbiological and bioactive properties of red watermelon juice and yellow watermelon juice after ultrasound treatment. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-10.
- Yılmaz, F. M., Görgüç, A., Uygun, Ö., ve Bircan, C. (2021). Steviol glycosides and polyphenols

- extraction from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves using maceration, microwave-, and ultrasound-assisted techniques. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, 56(5), 936–948. <https://doi.org/10.1080/01496395.2020.1743311>
- Yildiz, S., Pokhrel, P. R., Unluturk, S., ve Barbosa-Cánovas, G. V. (2021). Shelf life extension of strawberry juice by equivalent ultrasound, high pressure, and pulsed electric fields processes. *Food Research International*, 140(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110040>
- Yuan, S., Li, C., Zhang, Y., Yu, H., Xie, Y., Guo, Y., ve Yao, W. (2021). Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in food: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 109(October 2020), 374–385. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.048>
- Zamuz, S., Munekata, P. E. S., Dzuovor, C. K. O., Zhang, W., Sant'Ana, A. S., ve Lorenzo, J. M. (2021). The role of phenolic compounds against *Listeria monocytogenes* in food. A review. *Trends in Food Science and Technology*, 110(January), 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.068>
- Zhang, J., Li, S., Wang, W., Pei, J., Zhang, J., Yue, T., Youravong, W., ve Li, Z. (2021). Bacteriocin assisted food functional membrane for simultaneous exclusion and inactivation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice. *Journal of Membrane Science*, 618(August 2020), 118741. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118741>
- Zhao, N., Zhang, J., Qi, Y., Xu, J., Wei, X., ve Fan, M. (2021). New insights into thermoacidophilic properties of *Alicyclobacillus acidoterrestris* after acid adaptation. *Food Microbiology*, 94(July 2020), 103657. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103657>
- Zhao, T. O. N. G., Doyle, M. P., ve Besser, R. E. (1993). Fate of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 in apple cider with and without preservatives. *Applied and environmental microbiology*, 59(8), 2526-2530.
- Zia, S., Khan, M. R., Zeng, X. A., Sehrish, Shabbir, M. A., ve 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 and Technology*, 54(8), 2563–2569. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14167>
- Zou, Y., ve Jiang, A. (2016). Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology*, 36, 111-115.

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“Mikrodalga ve Ultrases–Destekli Mikrodalga Pastörizasyon Yöntemlerinin Koruk Suyunun Kalite Özelliklerine Etkisi” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

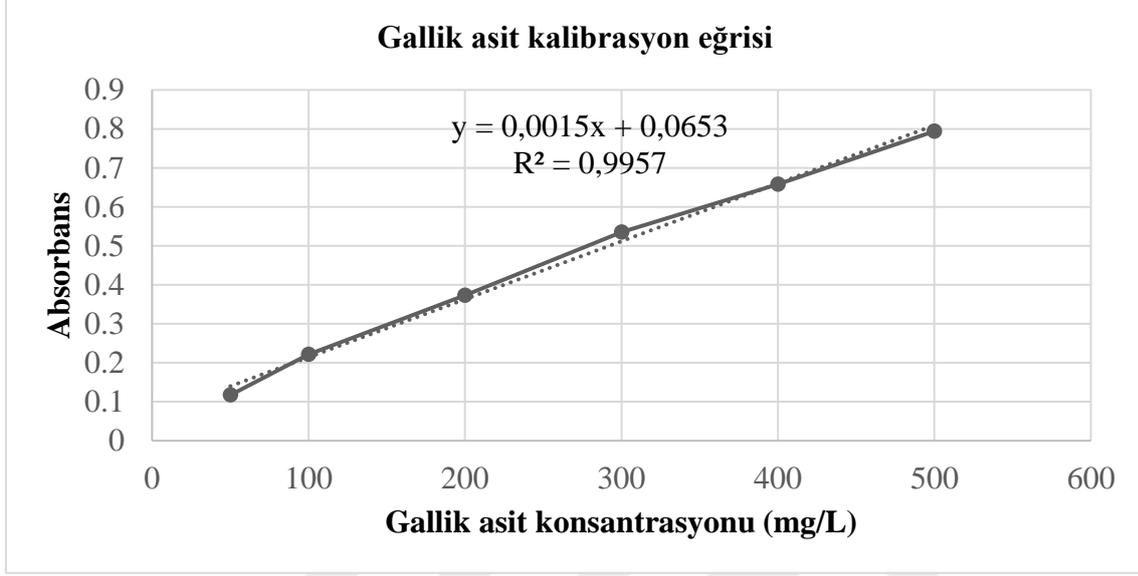


Sena ANAKIZ

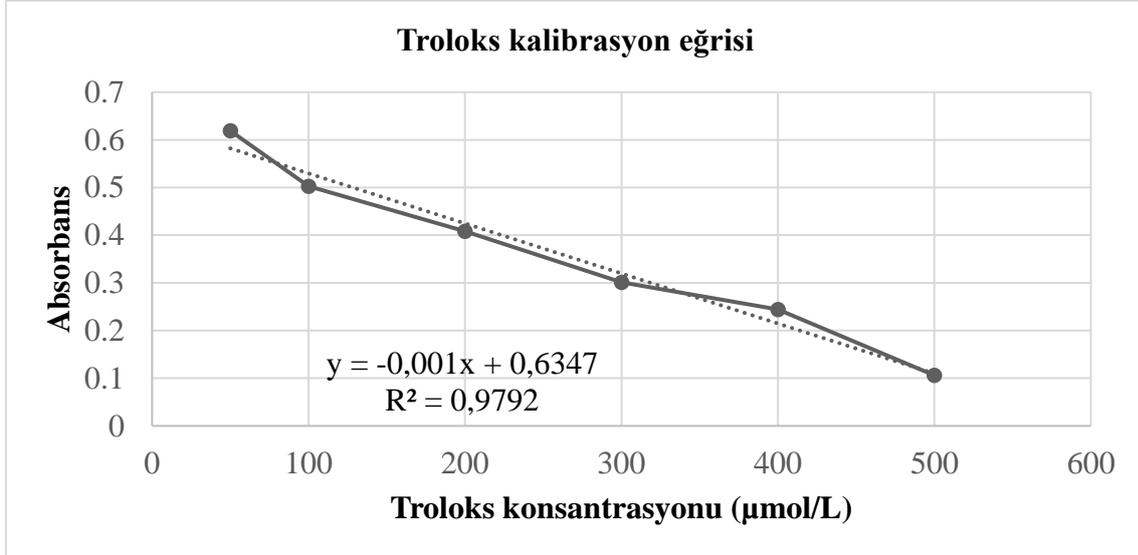
25/02/2022

EKLER

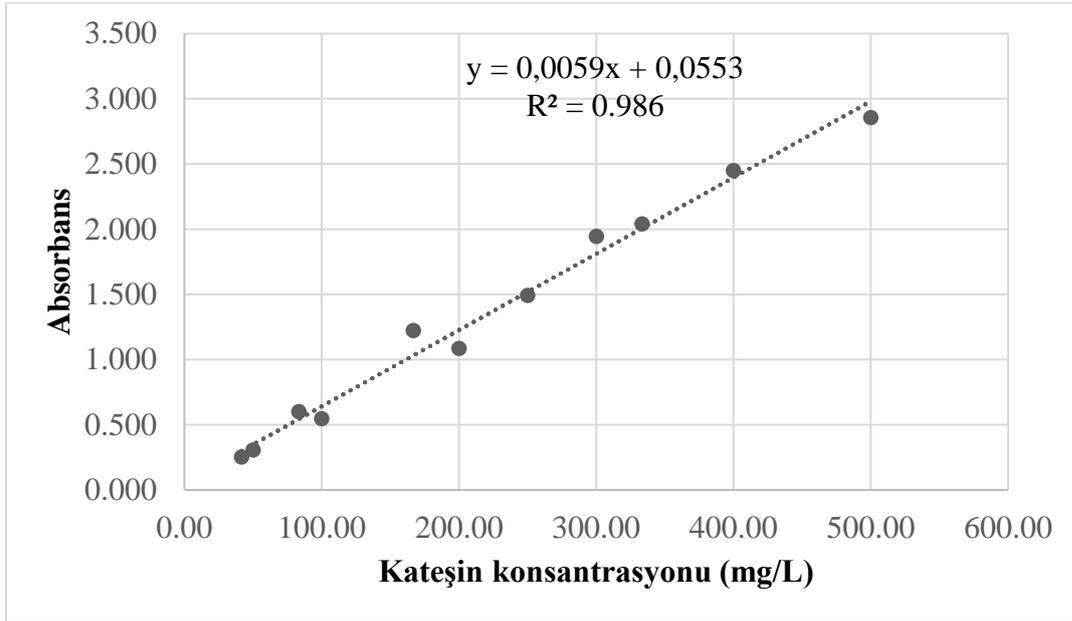
EK 3.1. Toplam fenolik madde miktarı analizi için gallik asit standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi



EK 3.2. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) değeri için troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğri



EK 3.3 Toplam flavonoid miktarı analizi için kateşin standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi



ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı: ANAKIZ, Sena

Yabancı Dil: İngilizce

EĞİTİM

Derece: Lisans

Kurum: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Mezuniyet Yılı: 2019

AKADEMİK YAYINLAR

Görgüç, A., Gençdağ, E., Tecimen, S., Anakız, S., Köse, S., Bıyık, H. H., ve Yılmaz, F. M. (2019). Ultrases Yıkama İşleminin Taze Çileklerin Soğukta Depolama Esnasında Kalite Özelliklerine Etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 7(9), 1457-1464.

PROJELER

TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Destekleme Programı Perasetik asit ile ultrases yıkama işlemlerinin taze çileklerin soğukta depolama esnasında kalite özelliklerine etkilerinin incelenmesi.

ADÜ-BAP Koruk suyunun pastörizasyonunda mikrodalga ve konvansiyonel ısı işlem yöntemlerinin ürün depolama süresince mikrobiyal ve biyoaktif kalite özelliklerine etkilerinin incelenmesi (Proje no: MF-19010).

TUBİTAK 1001 Dondurulmuş Gıda Ürünlerinde Kalite Kayıplarının Önlenmesi/Azaltılmasında Yenilikçi Yaklaşımlar: Kriyoprotektanların Üretimi, Kriyoprotektanların Model Gıdalara Aktarımı ve Farklı Dondurma-Çözündürme Teknikleri ile Depolama Süresince Etkilerinin İncelenmesi (Proje no: 120O772).