T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ ELMA SUYUNUN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİSİ

CAFER DEMİRTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖMER SAİD TOKER

İSTANBUL, 2018

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ ELMA SUYUNUN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİSİ

Cafer DEMİRTAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 23.03.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Salih KARASU

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi _____

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2014-07-05-YL02 numaralı YÜLAP projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen, tezimin her aşamasında bana çok yardımcı olan değerli danışman hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER'e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın laboratuvar aşamasında yardımlarını esirgemeyen Yüksek Lisans öğrencileri Mustafa Ümit İRKİLMEZ ve Zeynep Hazal TEKİN'e desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Ayrıca YÜLAP projesi (2014-07-05-YL02) çerçevesinde yüksek lisans tez çalışmama destek sunan üniversitemizin değerli yetkililerine teşekkür ederim.

Maddi-manevi destekleri ile bugüne gelmemde payı bulunan aileme ve tez çalışmam süresince bana her zaman destek olan sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

Canım kızım Zeynep'e sevgilerimle.

Mart, 2018

Cafer DEMİRTAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....vii

KISALTMA LİSTESİ.....viii

ŞEKİL LİSTESİ..... x

ÇİZELGE LİSTESİ xi

ÖZET.....xii

ABSTRACT.....xiv

BÖLÜM 1

GİRİŞ..... 1

1.1 Literatür Özeti..... 1
1.2 Tezin Amacı..... 6
1.3 Hipotez..... 6

BÖLÜM 2

KURAMSAL TEMELLER 7

2.1 Meyve ve Meyve Suyu Endüstrisi 7
2.2 Elma ve Elma Suyu 9
2.2.1 Elma Suyu Üretim Teknolojisi..... 11
2.2.2 Elma Suyunun Kalite Parametreleri..... 16
2.3 Isıl İşleme Alternatif Yeni Teknolojiler 23
2.4 Ultrases (Sonikasyon)..... 28

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM 33

3.1 Materyal..... 33

3.2 Yöntem 33
3.2.1 Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Ölçümü 34
3.2.2 pH Ölçümü 34
3.2.3 Renk Ölçümü 35
3.2.4 Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi 35
3.2.5 Bulanıklık Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi 36
3.2.6 Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi 36

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI 39

4.1 Termosonikasyon İşleminin pH ve SÇKM Değerleri Üzerine Etkisi 39
4.2 Termosonikasyon İşleminin Renk Değeri Üzerine Etkisi 42
4.3 Termosonikasyon İşleminin PFO Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi 45
4.4 Termosonikasyon İşleminin Bulanıklık Kalite Değerleri Üzerine Etkisi 48
4.5 Termosonikasyon İşleminin Biyoaktif Bileşenler Üzerine Etkisi 51
4.6 Bazı Elma Suyu Örneklerinin Depolama Öncesi ve Sonrası Görüntüleri 54

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER 59
KAYNAKLAR 60
ÖZGEÇMİŞ 67

SİMGE LİSTESİ

A_{420}	420 nm dalga boyundaki absorbans değeri
*a**	Renk ölçümünde kırmızılık-yeşillik göstergesi
*b**	Renk ölçümünde sarılık-mavilik göstergesi
^{o}B	Briks
^{o}C	Santigrat
C	Kroma renk değeri
g	Yerçekimi ivmesi
*L**	Renk ölçümünde beyazlık-siyahlık göstergesi
Na_2CO_3	Sodyum Karbonat
P	İstatistikte anlamlılık seviyesi
pH	Hidrojen Gücü
$	ABD Doları
t	Zaman
T	Sıcaklık
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

ARA	Antiradikal Aktivite
BK	Bulanık Kararlılığı
dak	Dakika
DPPH	2,2-Diphenyl-1-pcyrylhydrazyl
EA	Enzim Aktivitesi
f	Frekans
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	ABD Gıda ve İlaç Dairesi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HMF	Hidroksimetilfurfural
Hz	Hertz
kGy	Kilogray
kHz	Kilohertz
L	Litre
log	Logaritma
M	Molar
mg	Miligram
MHz	Megahertz
ml	Mililitre
MPa	Megapascal
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
PFO	Polifenol Oksidaz
PME	Pektin metilesteraz
POD	Peroksidaz
s	Saniye
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
TE	Troloks Eşdeğeri
UV	Ultraviyole
VEA	Vurgulu Elektriksel Alan
W	Watt (Güç)

WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Elma suyu konsantresi üretimi akış şeması 12
Şekil 2. 2 Polifenol oksidaz enziminin katalizlediği reaksiyonlar 18
Şekil 2. 3 Bulanık (a) ve berrak (b) elma suyu örnekleri 23
Şekil 2. 4 Ses dalgasının salınımı ve tanımsal özellikleri 29
Şekil 2. 5 Akustik kavitasyonun oluşum süreci 30
Şekil 2. 6 Ultrases işlemcisi 32
Şekil 3. 1 Elma suyu örneğine ultrases işleminin uygulanması 34
Şekil 4. 1 İşlem görmemiş elma suyunun ilk günkü görüntüsü 54
Şekil 4. 2 İşlem görmemiş elma suyunun 6 hafta (a) ve 12 hafta (b) sonraki görüntüleri 54
Şekil 4. 3 55°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun ilk gün görüntüsü 55
Şekil 4. 4 55°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun 6 (a) ve 12 (b) hafta sonraki görüntüleri 55
Şekil 4. 5 65°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun ilk gün görüntüsü 56
Şekil 4. 6 65°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun 6 (a) ve 12 (b) hafta sonraki görüntüleri 56
Şekil 4. 7 75°C'de 3 dakika işlem gören elma suyunun ilk gün görüntüsü 57
Şekil 4. 8 75°C'de 3 dakika işlem gören elma suyunun 6 (a) ve 12 (b) hafta sonraki görüntüleri 57
Şekil 4. 9 İşlem görmemiş ve 55°C'de işlem görmüş elma sularının 12 hafta sonundaki görüntüleri (İşlem süresi sırasıyla) 58
Şekil 4. 10 65°C'de işlem görmüş elma sularının 12 hafta sonundaki görüntüleri (İşlem süresi sırasıyla) 58
Şekil 4. 11 75°C'de işlem görmüş elma sularının 12 hafta sonundaki görüntüleri (İşlem süresi sırasıyla) 58

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4. 1 Termosonikasyon işleminin elma suyunun pH değeri üzerine etkisi..... 40
Çizelge 4. 2 Termosonikasyon işleminin elma suyundaki SÇKM (°B) değeri üzerine etkisi 41
Çizelge 4. 3 Termosonikasyon işleminin elma suyunun *L**değeri üzerine etkisi..... 43
Çizelge 4. 4 Termosonikasyon işleminin elma suyunun kroma değeri üzerine etkisi.44
Çizelge 4. 5 Termosonikasyon işleminin elma suyundaki polifenol oksidaz (PFO) enzim inaktivasyonu (%) üzerine etkisi 47
Çizelge 4. 6 Termosonikasyon işleminin elma suyunun bulanıklık düzeyi (NTU) üzerine etkisi 49
Çizelge 4. 7 Termosonikasyon işleminin elma suyunun bulanıklık kararlılığı (%) üzerine etkisi 50
Çizelge 4. 8 Termosonikasyon işleminin elma suyunun fenolik madde miktarı (mg GAE/kg) üzerine etkisi 52
Çizelge 4. 9 Termosonikasyon işleminin elma suyunun antioksidan aktivitesi üzerine etkisi 53

ÖZET

TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ ELMA SUYUNUN RAF ÖMRÜ VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Cafer DEMİRTAŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER

Bu çalışmada elma sularına 24kHz frekans ve 85µm genlik seviyesindeki ultrases işlemi 55, 65 ve 75°C sıcaklıklarda uygulanmış (termosonikasyon) ve 12 hafta boyunca kalite özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu depolama sürecinde; elma sularındaki polifenol oksidaz (PFO) enzim aktivitesi, bulanıklık kalitesi, briks, renk, pH, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi üzerine ultrases işleminin etkileri incelenmiştir.

75°C sıcaklıkta uygulanan ultrases işlemi sonucunda PFO enzimleri tamamen inaktif olurlarken, 65°C'de uygulanan işlemlerde ise uygulama süresiyle ilişkili bir şekilde depolamanın ilerleyen haftalarında (6. ve 12.) PFO enzim aktivitesinin tamamen yok olduğu gözlemlenmiştir. 65°C'de 12 dakika uygulanan ultrases işleminin işlem görmemiş elma sularına kıyasla bulanıklık seviyesini (~92 kat) ve bulanıklık kararlılığını (~9 kat) çok önemli seviyeye kadar artırdığı ve bununla birlikte daha uzun süre veya daha yüksek sıcaklıklarda uygulanan ultrases işlemlerinin bulanıklık kalitesini nispeten azalttığı gözlemlenmiştir.

65°C'de 12 dakika uygulanan ultrases işlemleri elma sularının *L** renk değerlerinde olumlu kabul edilebilecek seviyeye kadar (~%19) açılmaya ve kroma değerinde ise önemli seviyede artışa (~%25) sebep olduğu gözlemlenmiştir. Ultrases işlemi pH değerlerinde önemli bir değişime sebep olmazken, briks değerlerinde buharlaşmadan kaynaklandığı düşünülen bir artış olmuştur. Ultrases işlemi uygulanan elma sularının toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite özelliklerinin, tek başına geleneksel ısıl işlem uygulanan elma sularına göre daha iyi seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar

göstermektedir ki ultrases işlemi ısıl işlemle kombine edildiğinde endüstriyel olarak önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elma suyu, termosonikasyon, ultrases, bulanıklık kalitesi, PFO.

ABSTRACT

EFFECT OF THERMOSONICATION TREATMENT ON QUALITY PARAMETERS AND SHELF LIFE OF APPLE JUICE

Cafer DEMİRTAŞ

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Asst. Prof. Dr. Ömer Said TOKER

In the present study, ultrasound process (thermosonication) was applied to apple juice at different temperatures (55, 65 and 75°C), 24 kHz frequency and 85 µm amplitude level. The change in quality parameters of apple juice during 12 weeks was investigated. Quality parameters of apple juice considered in the present study were polyphenol oxidase activity, turbidity, pH, brix, colour properties, phenolic content and antioxidant activity. Polyphenol oxidase (PPO) enzyme was completely inactivated by the ultrasound application carried out at 75°C. Regarding the process performed at 65°C, PPO enzymes lost their activity exactly after 6 week storage of the samples. Ultrasound process performed at 65°C for 12 min caused to remarkable increase in turbidity level (92 times higher than control samples) and turbidity stability (9 times higher than control sample) when compared with the those of control sample which was produced without ultrasound process. Ultrasound process applied at temperature and time levels higher than 65°C and 12 min, respectively. It was also observed that higher level of temperature and time applications resulted in slight decrease in turbidity quality of the samples. Ultrasound process applied at 65°C and 12 min caused to increase in *L** value of the sample approximately 19% times comparing with the sample and chroma value significantly increased (25% times). Also the total phenolic content and antioxidant activities of the apple juices which are applied by ultrasound are higher than apple juices which are applied by conventional heat treatment. The results of the present study indicated that the quality and functional parameters of apple juice were positively influenced by ultrasound process and the effectiveness of

the process was depend on the temperature level. Combining ultrasound with temperature is up-and-coming process for the fruit juice industry.

Keywords: Apple juice, ultrasound, thermosonication, turbidity, PPO.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İşlenen gıdaların tat, koku, renk gibi genel kalite özelliklerine ve besinsel değerine daha az etki edecek yeni gıda muhafaza yöntemlerinin günümüzün bilinçli tüketicileri tarafından talep edilmesi, alternatif pastörizasyon ve sterilizasyon yöntemleri üzerinde araştırma-geliştirme çalışmaları yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu yöntemlerden biri olan ultrases teknolojisi ile ilgili son yıllarda çok sayıda başarılı çalışma yapılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında ise taze sıkılmış elma sularına 24 kHz frekans ve 85 µm genlik seviyesindeki ultrases işlemi 55, 65 ve 75°C sıcaklıklarda uygulanmış (termosonikasyon) ve 12 hafta boyunca kalite özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu depolama sürecinde; elma sularındaki polifenol oksidaz (PFO) enzim aktivitesi, bulanıklık seviyesi, bulanık kararlılığı, briks, renk, pH, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi üzerine ultrases işleminin etkileri incelenmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Ercan ve Soysal [1], yaptıkları bir çalışmada domates sularına uygulanan ısıl işlem ve ultrases işlemlerinin peroksidaz enzimi üzerindeki inaktivasyon etkisini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında %15, 25, 40, 50 ve 75'lik ultrasonik güçler 20 ila 150 saniyelik sürelerle uygulanmıştır. %50 ve %75'lik ultrasonik güçte sırasıyla 150 ve 90 saniye sonunda peroksidaz enziminin tamamen inaktive edilebildiği belirtilmiştir. Çalışmada ultrases uygulanan domates suyunda C vitamini kaybının ısıl işleme göre daha az olduğu ve ultrasesin ısıl işleme alternatif bir işlem olabileceği vurgulanmıştır.

Ertugay ve Başlar [2], yaptıkları bir çalışmada elma sularının bulanıklık kalitesini artırmak için elma sularına 24 kHz sabit frekansta, farklı dalga genliği (50 ve 100µm),

vurgu (1:1 ve 0,5:1 ss^{-1}), sıcaklık (40, 50 ve 60°C) ve sürede (5 ve 10 dak.) ultrases işlemi uygulamışlardır. Belirlenen aralıklar çerçevesinde vurgu, genlik ve sıcaklık artışına bağlı olarak elma sularının bulanıklık seviyelerinin ve bulanık kararlılıklarının önemli seviyede arttığı tespit edilmiştir. 60°C sıcaklıkta 10 dakika boyunca 100 µm genlikte ultrases uygulanması sonucu bulanıklık düzeyinde 16,9, bulanıklık kararlılığında ise 9,8 kata kadar artış gözlenmiştir. Elma suyunda sedimantasyona sebep olan katı parçacıkların ise yaklaşık %58'e kadar süspansiyon haline geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Başka bir ifadeyle tortu oluşturacak olan kaba parçacıkların yaklaşık % 58'i elma suyunda kararlı hale geçerek süspansiyon haline getirilebilmiştir. Bu da elma suyunun besleme değerinin lif yönünden önemli seviyede artması demektir. Bazı işlem şartlarında 4 aylık depolama sürecinde bile maya ve küf aktivitesi gözlenmemiştir.

Tiwari vd. [3] tarafından yapılan bir çalışmada taze portakal sularına ultrases işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin pH, briks ve toplam asitlikte önemli bir değişikliğe sebep olmadığı ($p<0,05$); esmerleşme indeksi, bulanıklık değerleri ve renk parametrelerinde (*L**, *a** ve *b**) ultrases şiddeti ve süresinin artışı ile birlikte önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. En düşük ultrases şiddeti (8,61 W/cm^2) ve en kısa süreden oluşan (2 dak.) işlem şartlarında bulanıklık seviyesi %222, esmerleşme indeksi %261 oranında artmıştır. *L** değerinde en yüksek artış 2 dakikalık işlemler sonucunda belirlenirken işlem süresi arttıkça azalma meydana gelmiştir. Ultrases şiddeti ve işlem süresi arttıkça *a** değeri azalış, *b** değeri ise artış göstermiştir.

Bhat vd. [4] , yaptıkları bir çalışmada misket limonu suyuna 25 kHz frekans ve 20°C sıcaklıkta ultrasonik su banyosu kullanarak 30 ve 60 dakika boyunca ultrasonik işlem uygulamışlardır. 60 dakikalık işlem sonunda dahi pH, briks ve toplam asitlik değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı açıklanmıştır ($p<0,05$). 60 dakikalık ultrases işlemi uygulanan örnekte kontrole göre renk parametrelerinden *L** değerinde önemli bir değişiklik olmazken, *a** değerinde %116 azalış ve *b** değerinde ise %16 artış yaşanmıştır. Aynı işlem sonuncunda toplam fenolik madde miktarında %27,4, antioksidan kapasite miktarında da %34,6 'lık bir artış yaşanmıştır.

Romero vd. [5] , yaptıkları bir çalışmada elma şırasına ultrases işlemi uygulamışlar ve bu işlemin ısıl işleme göre *E. coli* K12 inaktivasyonunu artırdığını belirtmişlerdir.

Ultrases işlemi *E. coli* K12 hücre yıkımını sırasıyla 40 ve 50^{o}C' de 5,3-log ve 5,0-log artırmıştır. Ultrases işleminin elma şırasının pH, briks ve toplam asitliğinde önemli bir değişikliğe sebep olmadığı, renk ve bulanıklık seviyesinde ise nispeten daha önemli değişikliklere sebep olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). 60^{o}C sıcaklıkta uygulanan ultrases işlemi sonucu renk parametrelerinden *L** değeri %8,6 artış gösterirken bulanıklık seviyesi ise %8 azalış göstermiştir.

Aadil vd. [6] tarafından yapılan bir çalışmada, taze greyfurt suları 28 kHz frekans ve %70 güce ayarlı ultrasonik banyoda 20^{o}C sabit sıcaklıkta sırasıyla 30, 60 ve 90 dakika boyunca işleme tabi tutulmuştur. Ultrases işlemi sonucu greyfurt suyu örneklerinin pH, briks ve toplam asitliğinde önemli bir değişim olmamıştır. 90 dakikalık ultrases işlemi sonucunda işlem görmemiş greyfurt suyuna göre bulanıklık seviyesinde %164 gibi önemli sayılacak bir artış görülmüştür. Renk parametreleri olan *L*, a** ve *b** değerlerinde çıplak gözle fark edilemeyecek kadar az miktarda düşüş yaşanmıştır. C vitamini miktarı, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonol ve flavonoid miktarı, DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi ve toplam antioksidan miktarı ultrases işlemi sonucunda önemli miktarda artmıştır.

Santhirasegaram vd. [7] , yaptıkları bir çalışmada mango suyuna ısıl işlem ve ultrases uygulayarak bu iki işlemi mikrobiyal inaktivasyon, fizikokimyasal özellikler ve antioksidan aktiviteler yönünden karşılaştırmışlardır. Taze sıkılmış mango sularına 130 W güç, 40 kHz frekans ve 25^{o}C sıcaklık şartlarında 15, 30 ve 60 dakika boyunca ultrases işlemi uygulanmıştır. Koliform bakteri 15 dakikalık işlem şartında dahi %100 inaktive olurken, 60 dakikalık ultrases işlemi sonucunda aerobik bakteri %26, küf ve maya ise %14 inaktivasyona uğramıştır. Ultrases işlemi sonucunda pH, briks ve toplam asitlik miktarlarında önemli bir değişiklik yaşanmamıştır. Renk parametrelerinden *L* değeri artarken, *a* ve *b* değeri azalmıştır. Bu durumun meyve suyundaki kararsız parçacıkların topaklanarak çökelmesiyle açıklanabileceği belirtilmiştir. 15 dakikalık ultrases işlemi sonucunda C vitamini miktarında %13'lük bir azalma meydana gelmiştir. Bu miktarın ısıl işlem ile karşılaştırıldığında oldukça iyi olduğu belirtilmiştir. Ultrases uygulanan örneklerde ısıl işlem uygulanan ve hiç işlem uygulanmayan örneklere göre toplam fenolik madde miktarı ve DPPH serbest radikal süpürme aktivitesinde önemli miktarlarda artış yaşanmıştır.

Jabbar vd. [8] tarafından yapılan bir çalışmada havuç sularına 20 kHz frekans ve %70 genliğe sahip ultrases işlemi 20, 40 ve 60^{o}C sıcaklıklarda 5 ve 10 dakika boyunca uygulanmıştır. Mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu 60^{o}C'deki termosonikasyon işlemi sonucunda ısıl işlem ile aynı seviyede gerçekleşmiştir. Bununla beraber, ısıl işlem ile karşılaştırıldığında renk pigmentlerindeki iyileşmenin ve askorbik asit, toplam fenolik ve flavonoid madde miktarlarının 60^{o}C'deki termosonikasyon işleminde daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. İşlemler sonucunda pH, briks ve toplam asitlikte önemsenecek bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Çalışma neticesinde, 60^{o}C'de uygulanan termosonikasyon işleminin meşrubat endüstrisinde ısıl işleme iyi bir alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Guerrouj vd. [9] tarafından yapılan bir çalışmada, taze sıkılmış portakal suyuna 24 kHz frekans ve 105 µm genlikteki ultrases işlemi 43-45 ^{o}C sıcaklıkları arasında 1 ila 30 dakika boyunca uygulanmıştır. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı, DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi, toplam karotenoid miktarı ve askorbik asit (C vitamini) miktarı tüm işlem sürelerinde işlem uygulanmayan örneklere göre önemli miktarda artış göstermiştir. İşlem uygulanan portakal sularında briks miktarında bir değişiklik gözlenmezken pH ve renk parametreleri önemli ölçüde değişmiştir. Bu çalışmada mikroorganizmaların önemli sayılabilecek oranlarda inaktive edildiği ancak ultrasesin tek başına %100 inaktivasyon için yeterli olmayacağı ve diğer muhafaza yöntemleri ile beraber uygulanması gerektiği vurgulanmıştır.

Saeeduddin vd. [10], yaptıkları bir çalışmada armut suyuna geleneksel ısıl işlem ve ultrases işlemi uygulayarak bu iki işlemin mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon ile fizikokimyasal özellikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Taze sıkılmış armut suları 750 W gücündeki prob ile 20 kHz frekans ve %70 genlikte, 25 - 65^{o}C sıcaklık şartlarında 10 dakika boyunca ultrases işlemine tabi tutulmuştur. İşlem görmemiş armut suyu ile karşılaştırıldığında 65^{o}C sıcaklıktaki ultrases işleminin peroksidaz (POD), pektin metilesteraz (PME) ve polifenol oksidaz (PFO) enzimlerini sırasıyla %95,7, %96,8 ve %98,1 oranlarında inaktive ettiği belirtilmiştir ($p<0,05$). 65^{o}C'de ultrases işlemi uygulanması sonucu mikroorganizmaların tamamen inaktive olduğu ifade edilmiştir. Geleneksel ısıl işlem ile askorbik asit, toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan kapasite miktarlarında önemli düşüş yaşanırken, 25^{o}C deki ultrases işlemi

sonucunda bu parametrelerde önemli bir artış gözlemlenmiştir. 45 ve 65°C sıcaklıktaki ultrases işlemlerinde ise işlem görmemiş armut sularına göre biyokaktif bileşen miktarlarında düşüş yaşanmıştır. Briks, pH ve toplam asitlik miktarlarında ise tüm işlem şartlarında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Abid vd. [11] tarafından yapılan bir çalışmada, elma sularına ultrasonik işlemci ile 5 ve 10 dakika, ultrasonik banyo ile 30 dakika ultrases işlemi uygulanmıştır. Ultrasonik banyo ile 60°C'de 30 dakika uygulanan işlem sonucunda POD, PME ve PFO enzimleri sırasıyla %30, %38 ve %37 oranlarında inaktive olmuştur. Ultrasonik işlemci ile 60°C'de 10 dakika uygulanan işlem sonucunda ise POD, PME ve PFO enzimlerinin sırasıyla %91, %92,9 ve %93,85 oranlarında inaktive olduğu belirtilmiştir. Hem ultrasonik işlemci hem de ultrasonik banyo kullanılarak 60°C'de yapılan tüm işlemlerde mikrobiyal inaktivasyonun %100 olduğu vurgulanmıştır. Askorbik asit, toplam fenolik, toplam flavonol ve toplam flavonoid miktarları, 20°C'lik işlemlerde işlem görmemiş elma suyuna göre artış gösterirken diğer sıcaklık şartlarında azalma gözlemlenmiştir. Ultrases işlemi uygulanan elma sularında, renk parametrelerinden *L*, a** ve *b** değerlerinde artış saptanırken pH, briks ve toplam asitlik değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı vurgulanmıştır.

Sulaiman vd. [12] yaptıkları bir çalışmada elma suyuna 58°C'de 10 dakika boyunca ultrases işlemi uygulamışlar ve işlem uygulanan elma sularını 3 ve 20°C'de 30 gün boyunca depolamışlardır. Polifenol oksidaz enzimi, ultrases işlemi sonucunda işlem uygulanmayan elma suyuna göre %85,1 oranında inaktive olmuştur ($p<0,05$). Depolama sonrasında PFO enzimi tekrar aktif hale gelmemiştir. Antioksidan aktivitesinin ultrases işlemi sonucunda yaklaşık olarak %20 arttığı depolama sırasında ise tekrar azaldığı belirtilmiştir.

Zafra-Rojas vd. [13] tarafından yapılan bir çalışmada hint inciri suyuna farklı genlik ve sürelerde ultrases işlemi uygulanmıştır. İşlemler sonucunda pH değerinde önemli bir değişiklik olmazken, süre ve sıcaklık artışına bağlı olarak briks değerinde yaklaşık %6'ya varan artış olduğu belirtilmiştir. Ultrases işleminin %40, %60 ve %80 genlikte 25 dakika ile %80 genlikte 15 dakika uygulanmasıyla mikrobiyal aktivitenin tamamen yok edildiği belirtilmiştir. %80 genlikte 8 dakika işlem uygulanan örneğin toplam fenolik madde

miktarı, işlem uygulanmayan örneğe göre yaklaşık %30'luk bir artış göstermiştir. DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi %80 genlikte 15 dakika uygulanan işlem sonucu işlem uygulanmayan örneğe göre yaklaşık %10'luk bir artış göstermiştir.

Tüm bu çalışmalar, ultrases işleminin mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon açısından ısıl işleme alternatif olarak fonksiyonel özelliklere zarar vermeden kullanılabileceğini göstermektedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, taze sıkılmış elma suyunun duyusal ve besinsel kalite özelliklerinin en iyi seviyede korunduğu, ısıl işlem uygulanmış elma suları kadar olmasa bile ticarileştirilebilecek seviyede uzun raf ömrüne sahip ve aynı zamanda muadili ürünlere kıyasla bulanıklık kalitesi ve renk özellikleri iyileştirilmiş kaliteli ve gıda güvenliği sağlanmış uygun bir termosonikasyon işlem şartlarının belirlenmesidir.

1.3 Hipotez

Ultrases işlemi, meyve sularının mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonunda önemli başarılar sağlamış ısıl olmayan bir gıda muhafaza yöntemidir. Bununla birlikte birçok çalışma, ultrases işleminin tam bir gıda güvenliği sağlanabilmesi açısından tek başına kullanılabilecek bir proses olmadığına dair önemli ipuçları sunmaktadır. Bu nedenle geleneksel elma suyu pastörizasyon işleminin daha altındaki sıcaklık şartlarında ultrases ile kombine edilmiş bir termosonikasyon işlemi ile elma sularının güvenilir bir şekilde işlenebileceği ve besinsel, duyusal ve görsel kalite özelliklerinin iyileştirilebileceği daha önceki çalışmalara dayanılarak söylenilebilir. Bu tez çalışmasında ise 55, 65 ve 75^{o}C sıcaklıklarında 3-15 dakika boyunca ultrases işlemi uygulayarak en iyi işlem şartının ürünün kalite parametreleri ve fonksiyonel özelliklerine bağlı olarak belirlenmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

KURAMSAL TEMELLER

2.1 Meyve ve Meyve Suyu Endüstrisi

Meyveler, yüksek miktarda antioksidan bileşikler içermekte olup bu bileşiklerin sağlıklı yaşam açısından ne kadar önemli oldukları her geçen gün daha da iyi anlaşılmaktadır. Yapılan araştırmalar, antioksidan aktivite gösteren maddelerin oksidatif stresten kaynaklı katarakt, kanser, kalp-damar hastalıkları ile nörolojik bozukluk gibi birçok dejeneratif hastalığın önlenmesinde etkili olduğunu ortaya koymuştur [14]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün "5 a day" programı çerçevesinde günde 5 porsiyon, bir başka deyişle en az 400 g meyve ve sebze tüketimini önermesinin başlıca nedeni budur [15]. Meyveler, besin değerlerinin yanı sıra arzu edilen tatları ve bağırsak fonksiyonlarındaki etkinlikleri sebebiyle günlük beslenmemizde yer alması gereken besin ögelerindendir. Son yıllarda tüketicilerin meyve ve sebzelere olan talebinin giderek artması sağlık üzerine olumlu bu etkileriyle ilişkilendirilebilir. Ülkemizin meyve çeşitliliği ve yaygınlığı açısından yüksek verimli bir bölge olması bu anlamda büyük bir avantaj sağlamaktadır [16].

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)' nün 2013 yılı verilerine göre dünyada toplam 60,4 milyon hektarlık arazide yaş meyve üretimi yapılmaktadır. Söz konusu alanda yetiştirilen toplam yaş meyve miktarı 841 milyon ton olup, yaklaşık 109 milyon tonluk üretim miktarı ile karpuz dünyada en çok yetiştirilen yaş meyve ürünüdür. Karpuzu sırasıyla muz (105,9 milyon ton), elma (80,8 milyon ton), üzüm (77,1 milyon ton) ve portakal (71,3 milyon ton) takip etmektedir [17].

Uluslararası Ticaret Merkezi'nin 2015 verilerine göre dünyada toplam yaş meyve ihracatı 2012 yılı itibarıyla 68,1 milyar dolar düzeyindedir. Önde gelen ihracatçı ülkeler İspanya (7,8 milyar $), ABD (5,8 milyar $), Çin (4,3 milyar $), Hollanda (4,2 milyar $) ve Şili'dir (4,1 milyar $). Türkiye 1,4 milyar dolarlık ihracat hacmiyle 2015 yılı itibarıyla dünya yaş meyve ihracatından % 2'lik bir pay alarak 15'inci sırada yer almaktadır [17].

TÜİK verilerine göre 2016 yılında ülkemizde 3,33 milyon hektarlık arazide yaş meyve üretimi yapılmıştır. Söz konusu alanda yetiştirilen toplam yaş meyve miktarı yaklaşık 19 milyon ton olup, bu miktarın yaklaşık 4 milyon tonu üzümdür. Elma ise 2,93 milyon ton üretim ile üzümden sonra en çok üretilen ikinci meyve konumundadır [18].

Türkiye'nin taze meyve-sebze ihracatı 2016 yılında 1,98 milyar dolar dolayında gerçekleşmiştir. 2016 yılında en fazla ihraç edilen yaş meyve-sebze ürünü 313 milyon dolarla mandalinadır. Bu ürünü sırasıyla limon (306 milyon $) ve domates (238 milyon $) izlemektedir [19].

Meyveler kolay elde edilebildikleri ya da bol ve ucuz oldukları dönemlerde, daha zor elde edilebilecekleri zamanlar için belirli yollarla işlenerek değerlendirilmektedir. Meyveler donmuş ve kuru olarak tüketilebildikleri gibi meyve suyuna da işlenmektedir.

Meyvelerin işlenmesiyle elde edilen içeceklerin tümü genel olarak "meyve suyu" olarak adlandırılmaktadır. Ancak her meyve, %100 meyve suyu olarak işlenmeye uygun değildir. Bundan dolayı söz konusu meyve türevli içecekler içerdikleri meyve oranına göre dört ana kategoriye ayrılmaktadır. Meyve oranı, meyve suyunda %100 ve meyve nektarında meyve türüne göre %25 - %99 arasında iken, meyveli içecekte %10 - %24, aromalı içecekte ise %10'dan daha azdır [20].

Diğer meyve/sebze suları (%16,4), elma suyu (%14,8) ve karışık meyve/sebze suları (%12,1) ise dünya ticaretinde öne çıkan meyve suyu çeşitleridir. Brezilya, Hollanda, ABD, Belçika, Almanya, Çin ve İspanya dünyadaki önemli meyve suyu ihracatçılarıdır. Bu ülkeler, değer olarak dünya meyve suyu ihracatının yarısından fazlasını gerçekleştirmektedir. Brezilya tek başına dünya ihracatı içinde %14,3'lük paya sahiptir [21].

Ülkemizde meyve suyu üretimi 1960'lı yılların sonlarında başlamıştır. Teknolojik gelişmelerin yakından takip edilmesiyle meyve suyu endüstrimiz zamanla gelişmiş ve

ürün çeşitliliğimiz de artmıştır. İç pazarda özellikle şeftali, vişne, kayısı ve karışık meyve nektarları tüketilmekte iken, ihracatta ağırlıklı olarak elma suları önem kazanmıştır. Son yıllarda değişen eğilimler doğrultusunda iç pazarda elma, nar, domates ve üzüm suyuna ve özellikle %100 meyve suyuna olan talebin artması, bu ürünleri de iç pazarda kayda değer bir konuma getirmiştir [22].

Ülkemizde 2015 yılında meyve suyuna işlenen meyve miktarı 958 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Meyve suyuna işlenen meyveler arasında elma %47,8 pay (458 bin ton) ile ilk sırada gelmekte, söz konusu ürünü %10,9 pay (104 bin ton) ile şeftali, %10,4 pay (100 bin ton) ile nar, %9,3 pay (89 bin ton) ile portakal ve %6,3 pay (60 bin ton) ile vişne takip etmektedir [21].

Türkiye'de, tüketici bilincinin ve sağlıklı beslenme eğiliminin artmasıyla meyve suyu tüketimi de yıldan yıla artmaktadır. Ülkemizde, 1970'li yılların başında kişi başına meyve suyu tüketimi 0,4 litre olarak belirlenmiştir. Bu oran 2000 yılında 4,4 litreye ulaşırken, 2016 yılında tüketim 8,7 litre ye kadar yükselmiştir. Tüketilen bu meyve suyunun 7,9 litresi meyve nektarı iken 0,8 litresi ise % 100 meyve suyundan oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle, % 100 meyve sularının tüketimimizdeki oranı artsa bile nektar tüketimi alışkanlığının çok daha üst seviyelerde olduğu açıktır. Bu verilerin, tüketicinin zaman içinde meyve suyu seçimleri ve sağlık faydaları konusunda daha çok bilinçlendiğine işaret ettiği düşünülebilir [23].

2.2 Elma ve Elma Suyu

Elma, *Rosales* takımının, *Rosaceae* familyasının, *Pomoideae* alt familyasına bağlı olan *Malus* cinsindendir. Her iki yarım kürenin ılıman kuşağında da yetişmektedir. Ilıman iklim meyveleri arasında en fazla üretilen meyve türüdür. Elmanın anavatanı Anadolu'nun da içinde yer aldığı Güney Kafkaslardır. Ekolojik şartların uygunluğu ve gen merkezi olması nedeniyle elma, yurdumuzun hemen her yerinde çok eski yıllardan beri yetiştirilmektedir. Fakat en uygun kültür merkezleri, yabanisinin yayılma alanlarına paralel olarak Kuzey Anadolu'da bulunmaktadır. Karadeniz kıyı bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları arasındaki geçit bölgeleri de elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır [24].

Dünyada yetiştirilen elma çeşitlerinin sayısı 10000'i aşarken [25] Türkiye'de ise bu sayı 500 civarındadır [26]. Ülkemizde yaygın olarak yetişen elma çeşitleri Starking, Golden, Granny Smith ve Amasya elmasıdır. 2016 yılı verilerine göre ülkemizde üretilen 2,93 milyon ton elmanın yaklaşık 751 bin tonu Golden cinsidir [17].

Besleyici değeri oldukça yüksek olan elma, genellikle taze olarak tüketilmekle birlikte sirke, meyve suyu, şarap ve pekmez gibi gıdaların da ham maddesidir. Elma; A, B1, B2, C ve E vitaminleri; fosfor, kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum, silisyum gibi birçok mineral maddeleri; organik asitleri; fenolik bileşenler ve antioksidan maddeler gibi fitokimyasalları içermektedir [27]. Birçok hastalığa karşı koruyucu etkisi bulunan elma, yüksek oranda gıda lifi içerdiğinden dolayı (%1,9) kalorisi düşüktür ve tokluk hissi vermektedir [28].

Elma, ülkemizde ve dünya genelinde hemen hemen tüm insanların damak tadı ve gelir seviyelerine uygun bir meyve türüdür. Bundan dolayı dünya genelinde ticareti en çok yapılan meyvelerden biridir [29].

2013 yılı verilerine göre dünyada yaklaşık 5,2 milyon hektar alanda 76,3 milyon ton elma üretimi gerçekleştirilmiştir. Çin, 39,6 milyon ton ile dünya üretiminin % 49,1'ine sahiptir. Bu ülkeyi sırasıyla ABD (4,1 milyon ton, %5,1 pay), Türkiye (3,12 milyon ton, %3,9 pay), Polonya (3,08 milyon ton, %3,8 pay) ve İtalya (2,2 milyon ton, %2,7 pay) izlemektedir [17].

Dünya Ticaret Merkezi'nin 2012 yılı verilerine göre elma, 7,1 milyar dolarlık ihracat ve %11,5'lik pay ile küresel yaş meyve ihracatında üçüncü sırada yer almaktadır. ABD 1,1 milyar dolarlık ihracatı ile dünya elma ihracatında birinci sırada olup ihracattan aldığı pay %15,2 seviyesindedir. Bu ülkeyi sırasıyla Çin (960 milyon $, %13,5 pay) ve İtalya (937 milyon $, %13,2) takip etmektedir [30]. 2014 yılı verilerine göre ise ülkemiz yaklaşık 142 bin ton elma ihraç ederek 50 milyon $ gelir elde etmektedir [17].

Ülkemizde elma yetiştiriciliğinde Isparta %20,4 ile lider konumda iken, Isparta'yı %13,6 ile Karaman, %12,9 ile Niğde takip etmektedir [31].

Ülkemizde üretilen elmaların yaklaşık olarak %80'i taze olarak tüketilmektedir. Elma tüketimi senelik kişi başı 23 kg civarındadır. Taze olarak tüketilmeyen elmalar ise elma

püresi ve elma suyu konsantresine işlenmektedir. Çok az bir kısmı da sirke ile şarap üretiminde değerlendirilmektedir [32].

Elma suyu, meyve suyu ihracatımızda en önemli yeri teşkil eden üründür. Toplam elma suyu ihracatımız 2015 yılında yaklaşık 83 milyon $ olarak gerçekleşmiş ve toplam meyve suyu ihracatının %44,5'ini oluşturmuştur. Elma suyu sektörü "dış ticaret dengesi" açık ara farkla fazla veren nadir sektörlerdendir [21].

2,1 milyar dolarlık elma suyu pazarında en önemli ihracatçı ülke Çin olup toplam ihracatın %30'unu tek başına gerçekleştirmektedir. Çin'i takiben Polonya yaklaşık 360 milyon dolarlık ihracatı ile dünya pazarından %17 pay almaktadır. Ülkemiz ile Polonya'nın elma üretim miktarları ve alanları birbirine yakın olmasına karşın Polonya'nın elma suyu ihracatı bizden 4,3 kat daha büyüktür [21].

2.2.1 Elma Suyu Üretim Teknolojisi

Elma suyu üretiminde kullanılan elmaların özellikleri son ürünün kalitesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle hammadde seçiminde sağlam, olgun ve taze elmalar tercih edilmektedir. Hasar görmüş elmalar ile aromanın tam oluşmadığı, olgun olmayan elmalar ise üretim sırasında sorun oluşturmaktadır. Özellikle bu tür elmaların kullanıldığı üretimlerde durultma işlemi, serbest şeker içeriğine bağlı olarak zorlaşmaktadır. Uzun süre depolanmış elmalarda ise preslenme verimi düşüktür ve durultma işlemi etkin bir şekilde yapılamamaktadır [33].

Elma suları bulanık ve berrak tip olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bulanık elma suyu üretimi berrak elma suyu üretimine göre daha karmaşık ve daha risklidir. Bununla birlikte berrak elma suyu üretimi sırasında uygulanan işlemler sonucunda elma suyunun lif içeriği hemen hemen tamamen kaybolmakta ve elmanın gıda lifi elma suyuna aktarılamamaktadır. Fakat bulanık elma suyunda bu kayıplar minimum seviyededir. Bulanık elma suyu tüketimi, Japonya başta olmak üzere gelişmiş ülkelerde yaygınlaşmaya başlamıştır. Yapılan araştırmalar ise bulanık elma suyunun berrak elma suyuna göre 4 kat daha fazla antioksidan içerdiğini yani sağlık açısından daha faydalı olduğunu ortaya koymaktadır [34]. Elma suyu konsantresi üretiminde izlenen başlıca işlem basamakları aşağıda açıklandığı gibidir:

Elma

↓

Yıkama-Ayıklama

↓

Parçalama

↓ *Mayşe*

Mayşe Enzimasyonu

↓

Presleme

↓

Kaba Parçacıkların Ayrılması

↓

Pastörizasyon → Bulanık elma suyu

↓

Aroma ayırma

↓

pektolitik ve amilolitik enzimler → Durultma ← jelatin, kizelsol, bentonit ve kitosan

↓

Filtrasyon

↓

Konsantrasyon

↓ *Elma Suyu Konsantresi*

Dolum

Şekil 2. 1 Elma suyu konsantresi üretimi akış şeması

Yıkama-Ayıklama:

Dökme olarak veya kasalarla işletmeye getirilen elmalar indirme havuzlarına alındıktan sonra su kanalları vasıtasıyla taşınmaktadır. Ön yıkamayı takiben havuzlarda basınçlı su kullanılarak kaba kirlerinden arınan elmalar taşıyıcı bantlar üzerinde ilerlerken işletme personelleri tarafından son ayıklama işlemi yapılmaktadır. Ayıklama işleminde yaprak, sap gibi yabancı unsurlarla, ezilmiş, çürümüş ve bozulmuş elmalar titizce seçilerek atılmaktadır.

Parçalama:

Yıkanmış elmaların, preslenebilmesi için belli bir büyüklükte parçalanması gerekmektedir. Parçalama büyüklüğü elma suyu verimi üzerinde etkili olmaktadır. İri parçalama ile verim azalırken, parçaların çok küçük olması ile de meyvenin preslenme özelliği kaybolmaktadır. Bu nedenle bu işlem itina ile yapılmaktadır. Parçalama esnasında, hücre zarları parçalanır ve meyve suyu dışarı çıkmaya başlar. Bu basamaktan sonra parçalanmış elmaya mayşe denir.

Enzimasyon (Mayşe Enzimasyonu) :

Parçalama ile elde edilen "mayşe" preslenme özelliğini iyileştirmek, randımanı yükseltmek ve suda çözünür kuru madde miktarı artışı sağlamak amacıyla enzimatik parçalama işlemine tabi tutulmaktadır. Taze elmalardan, preslenmeye çok elverişli mayşe elde edilirken, uzun süre depolanmış veya depolanmadığı halde sıcak ortamda beklediği için hızla olgunlaşmış elmalardan yapışkan, yumuşak bir mayşe elde edilir ki bunun preslenmesi çok zor olmaktadır. Enzimasyon işlemi için pektolitik enzim ilave edilmiş mayşe 15–25^{o}C sıcaklıkta 1–2 saat karıştırılmadan bekletilmektedir. Mayşe enzimasyonu uygulamadan yapılan üretimler ekonomik olmamaktadır.

Presleme :

Enzimasyonu takiben mayşe preslenerek ham elma suyu elde edilmektedir. Ham elma suyu bulanık bir üründür. Bant ve horizontal presler en çok tercih edilen preslerdir. Preslemede sadece etkili olan faktör basınç olmayıp, uygulanan basıncın şiddeti ve süresi de önemlidir.

Kaba Parçacıkların Ayrılması:

Presleme sonrası ambalajda faz ayrılmasının olmaması için separatörle doğal bulanık elma suyundaki parçacıkların uzaklaştırılması gerekmektedir.

Isıl İşlem:

Kaba parçacıklar ayrılır ayrılmaz elma suyunun doğal enzimlerinin ve mikrobiyal yükünün hızla inaktive edilmesi gerekir. Bu sebeple elma suyuna 95°C'de 15-30 saniye ısıl işlem uygulanmakta ve aseptik olarak ambalajlama yapılmaktadır. Bununla birlikte elma suyu önce şişelere doldurulup sonra şişede ısıl işlem uygulaması da yapılabilmektedir.

Doğal bulanık elma suyu elde edilmek isteniyorsa yukarıda anlatılan basamaklardan sonra süreç sonlandırılmaktadır ancak berrak elma suyu elde etmek için kaba parçacıkların ayrılmasından sonra ham elma suyu durultulup filtre edilmekte ve şişelenmektedir. Konsantreye işlenecekse önce aroma ayrılmakta, ardından durultulup filtre edildikten sonra konsantre edilmektedir.

Aroma Ayırma:

Aroması ayrılmadan saklanan doğal meyve sularında, depolama sonunda aromanın önemli ölçüde kaybolduğu veya değiştiği saptanmıştır. Buna karşın aromanın ayrı olarak depolanmasında aromada önemli bir değişme olmadığı ve bundan elde edilen meyve suyunun taze haline yakın olduğu da saptanmıştır. Aroma tutucularda elma suyu 90-92^{o}C'ye ısıtılmakta ve 150-250 litre elma suyundan 1 litre elma aroması ayrılmakta ve cam damacanalarda +4°C'de depolanmakta ve elma suyu üretileceği zaman aynı oranda meyve suyuna ilave edilmektedir.

Durultma:

Bu işlem elma sularına ekonomik, basit ve hızlı bir filtrasyon özelliği kazandırmak, sonradan bulanmayı engellemek ve pektini parçalayarak konsantrasyon esnasında jel oluşumunu veya kıvam artışını önlemek için yapılmaktadır. Durultma işleminde sadece arzu edilmeyen bileşikler değil, aynı esnada bir kısım aroma maddeleri de elma

sularından ayrılabilir. Bu nedenle durultma işleminden önce aroma tutuculardaaromanın ayrılması gerekir.

Durultma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada ham elma suyuna belli etkileri olan enzimler eklenerek “depektinizasyon”, ikinci aşamada ise durultma yardımcı maddeleri eklenerek “berraklaştırma” gerçekleştirilmektedir.

Depektinizasyon aşamasında amaç kolloid vaziyetteki pektin ve nişastanın parçalanmasıdır. Bu parçalama işlemi için pektolitik ve amilolitik enzimler kullanılarak elma suyundaki bu maddeler indirgenir. Bu işlem sonunda gözle görülür bir fark olmamakla birlikte viskozite düşmekte ve bulanıklık unsurları kararsız hale gelmektedir [35].

Berraklaştırma aşamasında ise elma suyuna durultma yardımcı maddeleri eklenmektedir. Durultma yardımcı maddesi olarak jelatin, kizelsol, bentonit ve kitosan kullanılabilmektedir. Bunlar zıt elektrik yükü oluşturarak bulanıklığa sebep olan bileşiklerin elma suyundan tortu olarak ayrılmasını sağlamaktadır.

Filtrasyon:

Gerçek çözelti oluşturmayan katı parçacıkların elma suyundan uzaklaştırılması filtrasyon işlemi ile tamamlanmaktadır. Bu amaçla elma suyu geçirgen bir filtre ortamından geçirilmekte ve tortu kalıntıları bu filtre ortamında tutulmaktadır. Elma sularının filtrasyonunda genellikle kademeli düzenekler kullanılmaktadır ve bu amaçla önce kaba, daha sonra ince bir filtrasyon uygulanmaktadır. Ayrıca son yıllarda ultrafiltrasyon sistemleri de bu amaçla kullanılmaktadır.

Konsantrasyon:

Elmaların kısa süren üretim sezonlarında büyük miktarlarda işlenmesi ve bunların ambalajlara doldurulmaları çok büyük dolum ve depolama tesisleri gerektirmektedir. Bu nedenle elde edilen elma suyunun içeriğindeki bir miktar suyun uzaklaştırılması neticesinde hacmi azaltılmaktadır. Elma sularının su içeriğinin azaltılmasında yani konsantre edilmesinde yaygın olarak evaporasyon tekniği kullanılmaktadır. Evaporasyon tekniğinin temel mantığı kapalı bir sistemde düşük sıcaklık ve düşük

basınç eşliğinde kaynama sağlanarak var olan serbest suyun buhar haline dönüştürülmesi ve elma suyundan fiziksel olarak uçurulmasıdır [36]. Konsantre edilen ürün, su miktarının azalması sebebiyle mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan da kararlı hale gelmektedir. Konsantratın kuru madde miktarı % 70 dolaylarında olmalıdır.

Dolum:

Bulanık veya berrak elma sularına herhangi bir katkı maddesi ilave edilmeksizin doğrudan ambalajlara doldurulmaktadır. Konsantreler ise, uzaklaştırılan su ve ayrılan aroma aynı miktarda geri verilerek ve iyice karıştırıldıktan sonra doğal haline getirilmek suretiyle ambalajlanmaktadır.

2.2.2 Elma Suyunun Kalite Parametreleri

Hidroksimetilfurfural (HMF)

Meyve sularında en önemli kalite parametrelerinden birisi hidroksimetilfurfural (HMF) miktarıdır. Meyvelerin bileşiminde doğal olarak bulunmayan HMF, meyve sularında ısıl işlem sonucu oluşabildiği gibi uygun olmayan depolama koşullarında da oluşabilmektedir. Meyve sularına uygulanan ısıl işlem sırasında organik asitlerin katalizörlüğünde indirgen şekerlerle amino asitlerin tepkimesi sonucu melanoidin denen koyu kahverengi maddeler oluşmakta ve renk esmerleşmektedir. Bu kimyasal tepkimelere Maillard reaksiyonu denilmektedir. Sıcaklık artışı ile beraber pH'nın bazik olması bu tepkimeleri hızlandırmaktadır. Bu tepkimeler sonucunda ara ürün olarak ortaya çıkan HMF'nin miktarı ile ürün kalitesi arasında doğrudan bir ilişki vardır. HMF'nin belli değerlerin üzerinde bulunması renkte esmerleşmeye, tat ve kokuda değişimlere ve ürünün besin değerlerinde de azalmalara neden olmaktadır. Bundan dolayı gıdalarda bulunmasına izin verilen HMF miktarı sınırlandırılmıştır. Elma suyunda izin verilen en üst sınır 20mg/L'dir [37].

HMF miktarı, ürünün kalitesini etkileyen önemli bir etken olmasının yanında, proses açısından da önem taşımaktadır. Uygulanan işlemler sonucu oluşan HMF miktarı, uygulanan ısıl işlemlerin yeterli olup olmadığı veya aşırı ısı yüklemesinin yapılıp yapılmadığı konusunda da fikir vermektedir [38].

Patulin

Özellikle elma ve elma ürünlerinde hammadde ve son ürün kalitesini gösteren patulin konsantrasyonu son yıllarda önemli kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir. Patulin, bazı *Penicillium, Aspergillus ve Byssochlamys* türleri tarafından oluşturulan bir küf metabolitidir. Çoğunlukla da *Penicillium expansum*'un etkisiyle çürüyen, özellikle de toprağa düşmüş elmalarda bulunmaktadır [39].

Elmaların hasadından son ürün elde edilmesine kadar geçen aşamalarda küf kontaminasyonuna maruz kalması söz konusudur. Elmalar dalında iken bu kontaminasyonun en aza indirgenmesi için önlemler alınmalıdır. Hasat zamanında ise patulin içermesi muhtemel olan çürümüş ve zarar görmüş elmalar atılmalıdır. Elmalar hasat edildikten sonra fabrikalarda hijyenik şartlar altında depolanmalıdır. Üretimden önce ise küflü, çürümüş ve hasar görmüş elmaların yıkanması ve ayıklanıp atılması işlemleri elma sularında patulin miktarının düşürülmesine önemli ölçüde yardımcı olmaktadır.

Elma suyu fabrikalarında ürünlerdeki patulin miktarının azaltılması için aktif kömür ve modifiye atmosfer gibi uygulamalar kullanılmaktadır. Isıl işlemin elma suyunda patulin miktarını azaltabileceği ancak kullanılan ısıl işlem proseslerinin patulini tamamen parçalamada etkisiz kaldığı ayrıca belirtilmektedir [40].

Yapılan araştırmalar, durultma işlemlerinden geçmemiş bulanık elma sularında bulunan ve sıvı faza göre daha çok protein içeren katı parçacıkların patulin ile etkileşime girmesi sonucu zamanla patulin miktarının azaldığını göstermektedir [41].

Avrupa Birliği mevzuatı ve Türk Gıda Kodeksi sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı elma sularında bulunmasına izin verilen patulin miktarını 50 µg/kg olarak belirlemiştir [42], [43]. Patulinin elma suyunda sınırlanan miktarın üzerinde bulunması sağlık açısından risk oluşturduğu gibi ihracat sorunları gibi ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır.

Fumarik Asit

Fumarik asit miktarı da elma suyu üretiminde mikrobiyolojik yönden kalite kriteri olarak değerlendirilmektedir. Fumarik asit miktarı, çürümeye neden olan bir

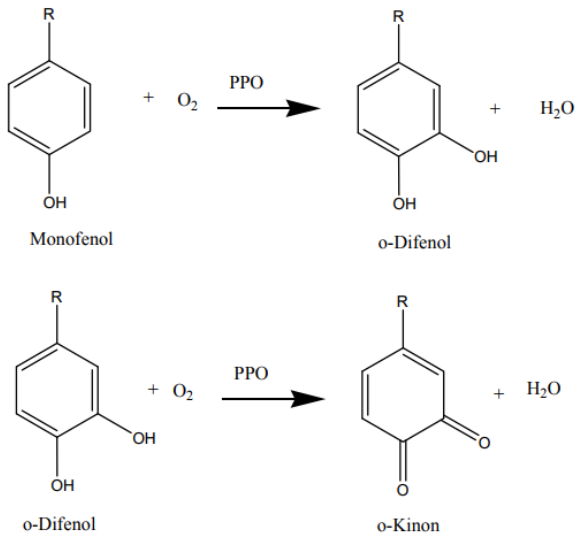
mikroorganizma türü olan *Rhizopus stolonifer*'in elmalara kontamine olması sonucu yükselmektedir.

Yüksek fumarik asit miktarı, üretimde kalitesiz hammaddenin kullanıldığına veya üretim aşamasında hijyene yeteri kadar dikkat edilmediğine işaret etmektedir [44]. Elmaların hasadı, fabrikaya ulaşımı, depolanması ve üretim şartları kaliteli ve sağlıklı bir son ürün elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Elma sularında bulunabilecek fumarik asit miktarı 5 mg/L ile sınırlandırılmıştır [45]. Fumarik asit miktarının bu sınırın üzerinde olması ürün kalitesi açısından risk taşımaktadır.

Polifenol Oksidaz (PFO)

Elmaların hasat edilmesi, taşınması veya depolanması sırasında meydana gelen zedelenmelerden dolayı veya elma suyuna işlenmesi aşamasında uygulanan parçalama ve presleme gibi islemler sırasında renkte esmerleşme olmaktadır. Bu olayın nedeni polifenol oksidaz enzim (PFO) aktivitesidir. Enzimatik esmerleşme denen bu olay, duyusal özellikler ve görünümde istenmeyen bozulmalara sebep olmakta, raf ömrünü kısaltmakta ve ürünün çekiciliğini azaltmaktadır [46]. Bu nedenle, reaksiyonun önlenmesi veya sınırlandırılması amacıyla PFO enzimlerinin özellikleri üzerinde çok sayıda araştırma yürütülmektedir.



Şekil 2. 2 Polifenol oksidaz enziminin katalizlediği reaksiyonlar

PFO enzimlerinin reaksiyonu iki farklı mekanizmaya göre gelişmektedir. Bunlardan birisi, monofenolik bileşiklerin oksijen varlığında o-difenollere hidroksilasyonu, diğeri ise o-difenollerin oksijen varlığında o-kinonlara oksidasyonudur (Şekil 2.2). PFO enziminin monofenolleri katalizlemesine krezolaz aktivitesi, o-difenolleri katalizlemesine katekolaz aktivitesi denmektedir. Krezolaz ve katekolaz aktiviteleri sonucu oluşan kinoid maddeler polimerleşerek kahverengi, kırmızı veya siyah pigmentler oluşturmaktadır [47].

Esmerleşmeyi etkileyen başlıca etkenler; sıcaklık, pH, dokularda bulunun oksijen miktarı ve aktif polifenol oksidaz (PFO) konsantrasyonu şeklinde sıralanabilmektedir. Faktörlerden birinin ortamdan uzaklaştırılmasıyla, enzimatik esmerleşme reaksiyonları durdurulabilmekte veya kontrol edilebilmektedir.

Elma suyu üretiminde önemli bir sorun olan enzimatik esmerleşmenin durdurulması için PFO enziminin inaktif veya inhibe edilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan en yaygın yöntem ısıl işlem uygulamasıdır. PFO enzimleri yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı değildir. Enzim, 70 ila 90^{o}C sıcaklıklara kısa aralıklarla maruz kalması halinde katalitik fonksiyonunu tamamen ya da kısmen kaybetmektedir [48]. Ancak geleneksel ısıl işlem uygulamaları sırasında elma suyunun maruz kaldığı sıcaklığın besin değerleri üzerine olumsuz etkileri görülebilmektedir.

Bulanıklık Düzeyi ve Kararlılığı

Tüketiciye sunulan meyve suları berrak ya da bulanık (pulplu) özellik göstermektedir. Bunu belirleyen, esas olarak meyvenin doğal yapısı ve aynı zamanda tüketim alışkanlığıdır. Ürün işleme tekniği açısından ise berrak meyve suyunun bulanık meyve suyundan farkı presleme işleminden sonra meyve suyunda durultma ve filtrasyon uygulanmasıdır. Presten çıkan meyve suyunda farklı irilikte meyve dokusu parçacıkları, çözünmeyen proteinler, aktif enzimler, canlı ve ölmüş mikroorganizmalar süspansiyon halinde bulunduğu için bulanıklık oluşmaktadır [27].

Meyve suyunda bulanıklık kaynakları biyolojik ve kimyasal olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Biyolojik bulanıklık, mikroorganizmaların gelişmesiyle; kimyasal bulanıklık ise meyve suyunda bulunan veya sonradan oluşan parçacıkların kimyasal

kararsızlığı sonucunda oluşmaktadır. Başlıca kimyasal bulanıklık kaynakları pektin, selüloz, nişasta, fenolik madde, protein ve polifenoldür. Bunlar içinde en yaygın olanının ise protein-polifenol kaynaklı bulanıklık olduğu ifade edilmektedir.

Meyve suyunda negatif yük taşıyan moleküllerin başında pektin ile birlikte polifenoller gelmektedir. Meyve ve sebzelerde buruk tat ve kırmızı mor renk genellikle polifenollerden kaynaklanmaktadır. Meyve suyundaki bu bileşikler hem ürünün renginin korunması hem de bulanıklık açısından önem taşımaktadır. Fenolik bileşikler oksidasyon sonucunda sarı-kahverengi polimerik bileşiklere dönüşerek, özellikle konsantrelerin depolanması sırasında ürün renginin bozulması ve bulanma gibi sorunlara neden olmaktadırlar [49].

Meyve suyu proteinleri ise pozitif yüklüdür. Meyve sularının protein içeriğinin düşük olmasına rağmen, serbest amino asit içeriğinin oldukça yüksek olması nedeniyle prolin içeren peptidlerin de bulanıklığa neden olduğu belirtilmektedir.

Meyve sularının berraklık ve renk kararlılığı ile fenolik madde içeriği arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir. Örneğin prosiyanidinler, oksidatif ya da oksidatif olmayan mekanizmalarla berrak meyve sularında pus halinde bir bulanıklık ve sediment oluşumu üzerinde etkili olmaktadır [27].

Meyve sularının bulanıklık düzeyi, bulanıklığa neden olan kolloidlerin bulunduğu süspansiyondan geçen ışın demetinin şiddetindeki azalmayı ölçen türbidimetre (bulanıklık fotometresi) ile belirlenmektedir.

Ölçüm sonuçları Nefelometrik Türbidite Birimi (Nephelometric Turbidity Unit; NTU) olarak ifade edilmektedir. Süspansiyon içindeki taneciklerin büyüklükleri, konsantrasyonu ve sıcaklık, bulanıklık seviyesini etkileyen başlıca faktörlerdir.

Meyve sularında bulanıklık seviyesi kadar bulanıklık kararlılığı da önemli bir kalite parametresidir. Stahle-Hamatschek, 50 elma suyunun bulanıklık kararlılığı üzerine bir çalışma yapmış ve 15 dakika boyunca 4200×g santrifüjlemenin 1 yıl depolama sonrası oluşacak bulanıklık kararlılığıyla büyük oranda (R=0,99) korelasyon içerdiğini ortaya koymuştur. Böylece elma suyu üretildiği gün, 1 yıl sonraki bulanıklığı bu şekilde tahmin edilebilmektedir [50].

Toplam Fenolik Madde

Hemen hemen her meyve ve sebzede mutlaka az veya çok miktarda bulunan fenolik bileşikler; meyve, sebze ve ürünlerinin lezzetinin oluşmasında, özellikle ağızda acılık ve burukluk gibi iki önemli tat unsurunun oluşmasında etkili olmaktadırlar. Bir kısım fenolik bileşik ise meyve ve sebzelerin sarı, sarı-esmer, kırmızı-mavi tonlardaki renklerini vermektedirler [51].

Fenolik bileşikler, benzen halkası içeren maddelerdir. En basit fenolik bileşik bir tane hidroksil grubu içeren benzen, yani fenoldür. Diğer tüm fenolik maddeler bundan türemişlerdir. Fenolik bileşikler, "fenolik asitler" ve "flavonoidler" olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Fenolik asitler kendi içinde hidroksisinamik asitler, hidroksibenzoik asitler, hidroksisinamik türevleri; flavonoidler ise antosiyanidinler, kateşinler, löykantosiyanidinler, flavonoller, flavonlar, flavanonlar, proantosiyanidinler ve dihidrokalkonlar gibi farklı gruplara ayrılmaktadır [52].

Elma ve elma sularının da fenolik asitler gibi antioksidan özellikteki bileşikler bakımından zengin ürünler olduğu bilinmektedir. Elma; kateşin, epikateşin, floridzin, kuersetin, siyanidin, siyanidin-3-O-galaktozit, klorojenik asit ve hidroksi sinamat gibi çeşitli fenolik bileşenleri içermektedir [53]. Bu bileşenler serbest radikallerin faaliyetlerini durdurarak veya yavaşlatarak kalp-damar, diyabet ve bağışıklık sistemi hastalıklarından korunmada önemli rol oynamaktadırlar.

Fenolik maddeler iz miktarlarda bulunmalarına rağmen elma işleme teknolojisi bakımından renk değişimlerine (esmerleşme) ve proteinlerle kompleks oluşturarak tortu oluşumuna neden oldukları için önemlidirler [27].

Elmanın elma suyuna işlenme aşamasında; parçalama, presleme, durultma, filtrasyon, konsantre etme işlemleri sırasında fenolik bileşiklerde kayıp olduğu bilinmektedir. Depolama sırasında da fenolik bileşiklerde kayıp olduğu bilinmektedir.

Antioksidan Kapasite

Canlılar hayati faaliyetlerini sürdürebilmeleri için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu enerji de glikoz ve yağ asitleri gibi moleküllerin oksidasyonu ile elde edilmektedir. Ancak oksidasyon reaksiyonları sonucunda reaktif oksijen formları olarak adlandırılan

ve yapısında oksijen içeren serbest radikaller oluşmaktadır. Bu serbest radikaller, doymamış yağ asitleri ile tepkimeye girerek lipitlerin peroksidasyonuna ve protein ile DNA'ların zarar görmesine sebep olarak hücrenin inaktivasyonuna neden olmaktadırlar. Bunun sonucunda ise kanser ve kalp-damar hastalıkları gibi birçok kronik hastalık ortaya çıkabilmektedir [54]. Bahsi geçen lipit peroksidasyonunu, dolayısıyla hastalıkları önleyen doğal antioksidanlar canlılar için büyük önem taşımaktadır.

Meyve suları da dahil olmak üzere gıda ürünlerinin antioksidan aktivitesi; yetiştirme, işleme, ambalajlama ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapılan araştırmalarda da birçok gıda ürününün depolanması sırasında antioksidan aktivite seviyelerinin değiştiği belirlenmiştir [55].

Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitesini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Reaksiyon mekanizmalarına göre antioksidan kapasite tayinleri hidrojen transferine dayanan reaksiyonlar (HAT) ve tek elektron transferine dayanan reaksiyonlar (SET) olmak üzere iki gruba ayrılır. HAT mekanizmasına dayanan başlıca tayin yöntemleri oksijen radikal absorbsans kapasitesi yöntemi (ORAC), toplam radikal tuzaklayıcı antioksidan parametre yöntemi (TRAP) ve krosin ağartma yöntemidir. SET mekanizmasına dayanan başlıca tayin yöntemleri Folin-Ciocalteu reaktifi (FCR) yöntemi, Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite yöntemi (TEAC), demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan güç yöntemi (FRAP), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) serbest radikal süpürme kapasitesi yöntemi ve bakır (II)'nin oksidan olarak kullanıldığı toplam antioksidan potansiyel yöntemi (CUPRAC)'dir [56].

Suda Çözünür Kuru Madde, pH, Renk Parametreleri

Toplam kuru maddenin suda çözünen kısmına suda çözünür kuru madde (SÇKM), briks ya da refraktometre değeri denmektedir. Suda çözünür kuru maddeyi ise başta fruktoz, glukoz olmak üzere şekerler ve sitrik asit, malik asit, tartarik asit gibi organik asitler oluşturmaktadır. Suda çözünür kuru madde hem üretim hem de kalite kontrolde önemli bir kriterdir. Meyve suyu işleme aşamalarında üretimin sürekli kontrol altında tutulması için suda çözünür kuru madde tayini çalışmaları önemli olmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'ne göre elma suyunun briks değerinin 11,2°B'den aşağı olmaması gerekmektedir [57].

Meyve suları, yüksek asitlikleri nedeniyle bakteri gelişimi açısından güvenilir gıdalar olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte meyve sularında pH 4,5'in altında gelişen bazı bakteriler sorun oluşturmaktadır. Isıl işleme dayanıklı ve yüksek asit seven toprak kökenli basiller içinde yer alan *Alicyclobacillus acidoterrestris* özellikle meyve suları gibi pastörizasyon işlemi ile muhafaza edilen asitli gıdalarda bozulmaya neden olabilmektedir [58].

Her gıda maddesi için alışılmış bir renk istenmekte ve renk tüketici tercihleri açısından gıdanın çekiciliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Bulanık elma suyu beyaza yakın açık sarı renkte (Şekil 2.3a), berrak elma suyu ise kehribar renginde (Şekil 2.3b) olmaktadır [59], [60].



(a) (b)

Şekil 2. 3 Bulanık (a) ve berrak (b) elma suyu örnekleri

2.3 Isıl İşleme Alternatif Yeni Teknolojiler

İşlenen gıdaların tat, koku, renk gibi genel kalite özelliklerine ve besinsel değerine daha az etki edecek yeni gıda muhafaza yöntemlerinin günümüzün bilinçli tüketicileri tarafından talep edilmesi, alternatif pastörizasyon ve sterilizasyon yöntemleri üzerinde araştırma-geliştirme çalışmaları yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Enerjiyi ve zamanı daha verimli kullanan, çevreye duyarlı bu alternatif teknolojilerden bazıları yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan, ultraviyole ışık, ışınlama ve ultrases teknolojileridir [61].

Yüksek Hidrostatik Basınç

Yüksek hidrostatik basınç, katı ve sıvı gıdaların ambalajlı veya ambalajsız olarak, 100 ve 1000 MPa arasında basınca maruz bırakılmasıyla mikroorganizmaların inaktivasyonunu ya da tüketicilerin arzu ettikleri kalite parametrelerinin sağlanmasını temel alan bir yöntemdir. Yüksek hidrostatik basınç sistemlerinde temel prensip yüksek basınç altında gıdayı çevreleyen suyu sıkıştırmaktır. Bu işlem atmosferik basınç altında imkansız olsa da yüksek basınç altında gerçekleştirilebilmektedir. Basınç; ürünün şekil, büyüklük ve içeriğinden bağımsız olarak tüm noktalara eşit olarak iletilmektedir [62]. Basıncın her noktaya eşit uygulanmasıyla, ürün yüksek basınçlarda bile şeklini muhafaza etmektedir. Isıya ihtiyaç duyulmadığı için de mikrobiyal inaktivasyon sağlanırken duyusal özellikler korunabilmektedir.

Yüksek hidrostatik basıncın inaktivasyon mekanizması fiziksel olarak Le Chatelier prensibi ile açıklanabilmektedir. Kuvvetten kaçış olarak bilinen yasaya göre; dengede olan bir fiziksel sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında, sistem bu etkiyi en aza indirecek şekilde kendini değişikliğe uğratmaktadır. Basınç artarsa hacim azalır ve yoğunluk artar. Bundan dolayı denge, mol sayısı az olan tarafa kaymakta ve sistemin kimyasal dengesi değişmektedir [63].

Gıda endüstrisinde yüksek hidrostatik basınç ile ilgili ilk önemli çalışma 1899'da kimyager Bert Hite tarafından yapılmıştır. Hite, basıncın mikroorganizmalarda zarar verdiği ilk bölgenin hücre zarı olduğunu belirtmiştir. Hite ayrıca çiğ sütün oda sıcaklığında 600 MPa basınçta 1 saatlik yüksek basınç işlemi sonucunda raf ömrünün 4 gün kadar uzayabileceğini ortaya koymuştur [64].

Basınç uygulaması oda sıcaklığında yapıldığı ve küçük molekülleri etkilemediği için gıda ürününün doğal aroması ve vitamin miktarı değişmemekte dolayısıyla doğal görünümü ve lezzeti korunmaktadır. Basınç uygulaması ile vejetatif bakteriler inaktive edildiği için bu işlemle pastörize edilmiş ürünler de hazırlanabilmektedir. Ürün asidik karakterli olmadığında buzdolabında muhafazaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek hidrostatik basınç ile hazırlanmış gıda ürünlerinin raf ömrü 2 hafta kadar uzatılabildiği gibi ısıl işlemle pastörize edilmiş ürünlere göre besin değerleri ve kaliteleri de daha yüksek olabilmektedir.

Günümüzde başta Japonya'da olmak üzere, Avrupa ve ABD'de yüksek hidrostatik basınç uygulanmış reçeller, soslar, hazır tatlılar ve meyve suları tüketime sunulmaktadır [65].

Vurgulu Elektrik Alan (VEA)

Vurgulu elektrik alan (VEA), kısa süre (1-10 μs) ve yüksek elektriksel alan esasına dayanmaktadır. Bu uygulamada iki elektrot arasına konulan sıvı gıdaya 20 - 80 kV/cm^2 arası yüksek voltaj uygulanmaktadır. Dışarıdan uygulanan elektrik alan, hücre membranı boyunca transmembran potansiyel denilen bir elektrik potansiyel farkı oluşturmaktadır. Bu potansiyel, kritik bir değere ulaştığında hücre membranında por oluşumu veya elektroporasyon başlamakta ve geçirgenlik artmaktadır. Böylece, hücre membranının koruyucu özelliği ortadan kalkmaktadır. Bu sayede hücrenin en tabi faaliyetlerinin engellenmesine bağlı olarak mikroorganizmaların ölümüne sebebiyet verilmesi amaçlanmaktadır [66].

VEA sistemi aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır:

- Vurgulu yüksek voltaj güç kaynağı
- İşlem kabini
- Sıvı taşıma sistemi
- Kontrol ve izleme cihazları

VEA uygulamaları mikrosaniye gibi kısa zaman dilimlerinde düşük ısılarda gerçekleştiği için uygulamaya maruz kalan gıdada sıcaklık artışı ve bu artışın neden olduğu enerji kaybı çok düşük seviyede kalmaktadır. Ayrıca bu uygulama gıdanın vitamin, aroma ve renk bilesenleri üzerine minimum etkide bulunmaktadır [67].

VEA yöntemi sıvı gıdaların pastörizasyonunda geleneksel ısıl işlem yerine kullanılabilecek en umut verici teknoloji olarak görülmektedir. VEA yöntemi; elma suyu, sıvı yumurta, portakal suyu, süt ve çorbaların raf ömrünü uzatmada başarıyla kullanılmaktadır.

Yapılan araştırmalarda vurgulu elektrik alan yönteminin elma suyunun sahip olduğu bazı kalite özelliklerini korumasının yanı sıra mikrobiyal inaktivasyon başarısı da

kanıtlanmıştır. Öte yandan geleneksel pastörizasyon işlemi, elma suyundaki fenolik bileşenler ve aromadan sorumlu uçucu bileşenlerde önemli derecede kayba sebep olmuştur. VEA ile muamele görmüş elma suyunda renk ve aromadan sorumlu uçucu bileşenlerin çoğu korunabilmiştir [68].

Vurgulu elektrik alan uygulamaları ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından 1996 yılında sıvı yumurta pastörizasyonu işlemi için onaylanmış olup Avrupa'da ise halen onay beklemektedir. ABD'de ilk ticari tesis 2005 yılında Genesis şirketi tarafından meyve sularının pastörizasyonu amacıyla kurulmuştur. Ekipman kapasitesi 200 L/h'tir. Vurgulu elektrik alan uygulaması ile pastörize edilen meyve sularının raf ömrünün 4 hafta olduğunun belirlenmesi ile tekniğin güvenli olduğu belirlenmiştir [69].

Ultraviyole Işık

Ultraviyole (UV) ışıklar, elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan küçük bir kısmını kapsamaktadır. UV ışıklar, kendi içinde üç farklı gruba ayrılmaktadır [70].

- UV-A (315–400 nm)
- UV-B (280–315 nm)
- UV-C (200–280 nm)

UV ışık güçlü bir mikrobiyal dekontaminasyon aracı olup, bu etkisini en etkili olarak UV-C aralığında sergilemektedir. UV-C; bakteri, virüs, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahiptir.

UV ışığı, aynı DNA zincirinde bulunan komşu pirimidin nükleotid bazlarının (timin, sitozin) çapraz bağlanmasına neden olmaktadır. Mutasyon geçirmiş bu bazlardan dolayı karşı taraftaki pürin bazlarına bağlanan hidrojen bağlarının oluşumu zarar görmektedir. Böylece DNA transkripsiyonu ve replikasyonu engellenerek hücre işlevleri sekteye uğramakta ve hücre ölümü gerçekleşmektedir [71].

Su, meyve suyu, süt, sıvı yumurta gibi çeşitli sıvı gıda ürünlerinin dezenfeksiyonunda 254 nm dalga boyu kullanılmaktadır.

Sıvı gıdaların yüksek briks derecesine sahip olması UV'nin sıvı içine nüfuz etme yoğunluğunu düşürmektedir. Sıvı içinde bulunan büyük süspanse parçacıklar da UV'nin mikrobiyal inaktivasyon etkisini zayıflatmaktadır. Ayrıca, meyve suyu gibi sıvı gıdalarda bulunan renk bileşenleri ve süspanse maddeler de bu gıdaların suya göre daha az UV geçirmesine sebebiyet vermektedir. Sonuç olarak bu düşük geçirgenlik, UV pastörizasyonun başarılı olma şansını düşürmektedir [72].

Yöntem, ozon ve hidrojen peroksit gibi koruyucu ajanlarla birlikte uygulandığında daha başarılı sonuçlar verebilmektedir.

Işınlama

Gıda ışınlama yönetmeliğimizde gıda ışınlama işlemi; "Gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi, azaltılması, yok edilmesi, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, olgunlaşma süresinin kontrolü veya müteakip işlemlerdeki istenen değişiklikleri sağlamak amaçlarından biri veya bir kaçı için belirlenmiş ışınlama dozunda, uygun teknolojik ve hijyenik koşullarda yapılır." şeklinde tarif edilmektedir [73].

Işınlama, gıdanın sterilizasyonunu mikroorganizmaların DNA moleküllerine zarar vererek sağlamaktadır. Soğuk pastörizasyon olarak da adlandırılan ışınlama işlemi gıdada önemli bir sıcaklık artışına sebep olmamaktadır. 1 kGy ışınlama sonucu gıdanın sıcaklığı sadece 0,36 ^{o}C artmaktadır [74].

Düşük doz (<1kGy) ışınlama patates, soğan, baklagiller, taze meyve ve sebzeler vb. ürünlerde, orta doz (<10kGy) ışınlama taze ve dondurulmuş deniz ürünlerinde, yüksek doz (>10kGy) ışınlama et, kümes hayvanları ve baharatlar gibi gıda ürünlerinde kullanılmaktadır [75].

Meyve sularının pastörize edilmesinde pratik bir önemi bulunmayan bu yöntem daha çok baharatların sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Işınlamanın ambalajlanmış son ürüne de uygulanabilir olması ve kimyasal kalıntı bırakmaması bu uygulamayı cazip kılan sebeplerdendir.

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), ışınlama uygulamasının kullanımına ilk kez 1963 yılında buğday ve buğday ununda böceklenmenin önlenmesi

amacıyla izin vermiştir. 1986 yılında ise bazı meyve ve sebzelerde olgunlaşmanın geciktirilmesine yönelik ışınlama uygulamaları kabul edilmiştir [75].

Ülkemizde de Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından lisanslandırılmış iki adet gıda ışınlama tesisi bulunmaktadır.

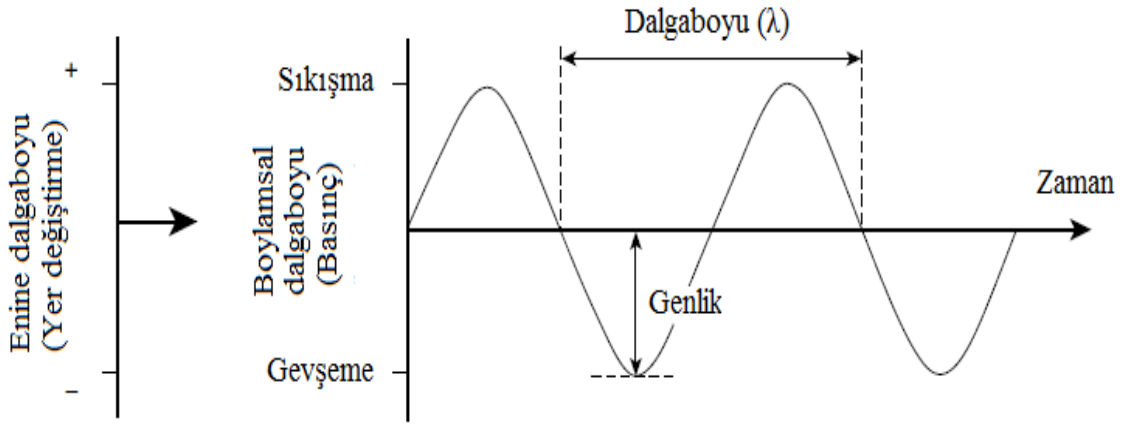
Ultrases

Gıdalarda özellikle mikroorganizma ve enzimlerin inaktif hale gelmesi amacıyla yüksek güçlü ultrases dalgaları yalnız olarak veya diğer muhafaza yöntemleri ile birlikte kullanılmaktadır. Mikroorganizma ve enzimleri etkisiz hale getirirken; gıdanın tat, koku, renk gibi genel kalite özelliklerinin ve içerdiği besin ögelerinin de korunması önem arz etmektedir. Ultrases teknolojisinin bu konuda başarıyla uygulanması üzerine yapılan araştırmalar devam etmektedir. Başlık 2.4'te ultrases teknolojisi ile ilgili daha detaylı bilgiler verilmiştir.

2.4 Ultrases (Sonikasyon)

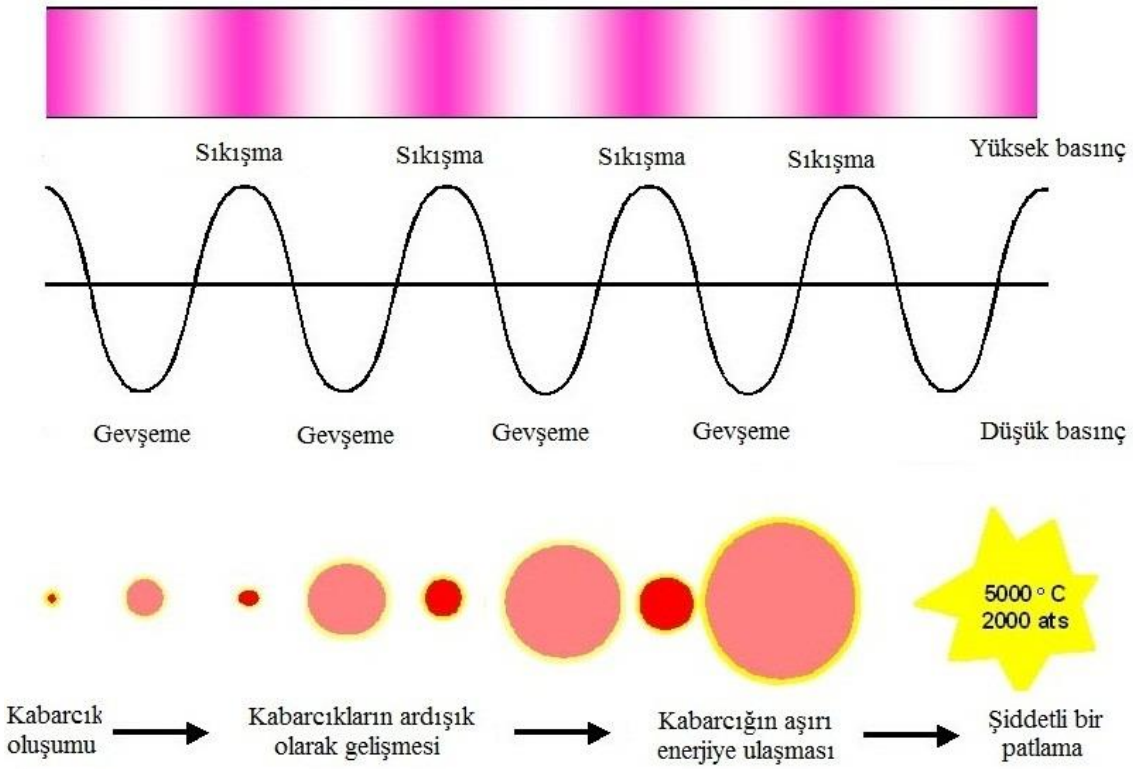
İnsanın işitme eşiğinin 20 Hz - 20 kHz aralığında olduğu genel kabul görmüş bir yaklaşımdır. Ultrases ise insan kulağının algılayabileceği 20 kHz'in üzerindeki yüksek ses dalgaları olarak adlandırılmaktadır.

Frekans (f) kavramının, oluşturulan sesin 1 saniyedeki titreşim sayısı veya herhangi bir noktadan geçen ses salınımı olduğu düşünülürse ultrasesin 1 saniyede 20.000'den daha fazla titreşimin veya salınımın olduğu bir ses dalgasından ibaret olan bir enerji türü olduğu ifade edilebilmektedir. Ultrases kavramının daha iyi anlaşılması için ses salınımının açıklandığı Şekil 2.4 detaylıca incelenebilir [76].



Şekil 2. 4 Ses dalgasının salınımı ve tanımsal özellikleri [77]

Ultrases işleminin gıdalar üzerinde meydana getirdiği etkilerin temel nedeni **akustik kavitasyon** olgusu ile açıklanmaktadır. Akustik kavitasyonun anlaşılabilmesi için ultrasese maruz kalan bir materyaldeki değişimlerin anlaşılması gerekmektedir. Ses dalgası bir sıvının içerisinden geçmesi sürecinde sıkışma ve gevşeme olarak kendini gösteren bir dizi davranış sergilemektedir. Ses dalgası gevşeme pozisyonuna geçerken negatif basınç sıvının noktasal gerilme direncini aştığı zamanlarda mikrometrik boyutlarda kabarcık ve boşluklar oluşmaktadır. Yüksek güce sahip ultrases enerjisi Şekil 2.5'te de görüldüğü gibi önce bir akustik kabarcık oluşturmakta, ultrases enerjisinin bu kabarcıktan geçmesi sürecinde ise kabarcık hem enerji absorbe etmekte hem de hacimsel olarak genişlemektedir. Kabarcıklar birkaç dalgalanma sonrasında absorbe ettiği enerjiyi iç çeperlerinde tutamayacak bir seviyeye ulaştığında hızlı bir şekilde patlamaktadır ki bu olaya kavitasyon denmektedir [78], [79].



Şekil 2. 5 Akustik kavitasyonun oluşum süreci [77]

Akustik enerjinin küçük hacimlerde yoğunlaştırılmasıyla oluşan kavitasyon etkisi, hot-spot teorisi ile açıklanabilir. Kabarcıkların absorbe ettikleri enerji sonrası şiddetli bir şekilde patlaması ile oluşan noktasal etkilerin başında çok yüksek sıcaklık (yaklaşık 2000-5000°C), çok yüksek basınç (yaklaşık 10-100 MPa), mikroşok dalgalar ve ışık enerjisinin yayılması gelmektedir [80].

Geçici ve kararlı olmak üzere iki türlü kavitasyon meydana gelebilmektedir. Geçici kavitasyon, 10 W/cm^2 ve üzerindeki yüksek yoğunluktaki sistemlerde meydana gelmektedir. Kabarcıklar birkaç akustik salınımla hızla büyümekte, sonrasında ise kabarcıkların hacimleri kısa sürede artan bu enerjiyi bünyesinde tutamayacak seviyeye ulaşmaktadır. Bunun akabinde ise şiddetli bir çöküş meydana gelmektedir. Kararlı kavitasyon ise yüksek frekans ve oldukça düşük (<1 W/cm^2) ultrases şiddetine sahip ses dalgaları tarafından oluşturulmaktadır. Kararlı kavitasyonda, kabarcıkların büyümesi yüzlerce akustik salınım sonunda meydana gelmektedir. Kararlı kavitasyonda kabarcıklar geçici kavitasyona oranla daha az şiddetle patlamaktadır. Bunun sebebi de

kabarcıkların tamponlama etkisi yapan çeşitli gazları içine alarak büyümüş olmasıdır [78].

Kavitasyonun etkinliğinde frekansın ve ultrases şiddetinin yanı sıra işlem sıcaklığı, gıdanın özellikleri ve basınç gibi faktörler etkili olmaktadır. Gıda teknolojisinde kullanılan frekans değerleri 20-100 kHz aralığı olup genellikle 20 kHz'e yakın değerler kullanılmaktadır. 1 MHz ve üzerindeki yüksek frekanslarda etkili kavitasyon oluşturmak çok güç olmaktadır. Ultrases şiddeti de kavitasyonun oluşumunda oldukça etkili olup, yüksek etkide bir kavitasyon elde etmek için en az 10 W/cm^{2}'lik enerjiye sahip olunması gerekmektedir. Sıcaklık artışı ile birlikte ortamdaki buhar basıncının artmasının yanı sıra, viskozite ve yüzey geriliminin düşmesi kavitasyonun erken patlamasına sebep olabilmekte ve ultrases işlemini olumsuz etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, bazı işlemlerde sıcaklıktaki artışın sinerjik etkilere yol açtığı ve ultrasesin etkisini artırdığı belirtilmektedir [80]. Ultrasesin etkisini artırabilmek için yüksek sıcaklık ve ultrasesin birlikte uygulandığı kombinasyonlara termosonikasyon denilmektedir. Basınç artışı ise genellikle kavitasyonun patlamasını baskılayarak kavitasyonda daha fazla basıncın birikmesine ve dolayısıyla kabarcığın patlaması ile daha etkili sonuçların alınmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle basınçla ultrases uygulaması yapılabilmektedir ki bu tarz işlemlere de manosonikasyon denilmektedir. Bir de hem yüksek sıcaklık hem de yüksek basıncın birlikte kullanılması ile uygulanan bir işlem vardır ki bu işlemlere de manotermosonikasyon denilmektedir [81].

Ultrases, ultrasonik su banyosu ve ultrases işlemcisi adı verilen cihazlarla uygulanabilmektedir. Ultrases işlemcisi güç kaynağı, ultrases dönüştürücüsü, genlik yükselticisi ve prob olmak üzere dört unsurdan oluşmaktadır (Şekil 2.6). Ultrases işlemciler enerjilerini belli bir alanda topladığı için daha verimli kavitasyon sağlamakta bu yüzden ultrasonik banyolara göre daha avantajlı olmaktadır [82]. Bu sistemlerde prob genellikle doğrudan sıvının içine daldırılmakta ve oldukça yoğun ultrases enerjisi üretilebilmektedir. Problar, genelde titanyumdan ısıya ve aşındırıcı ortamlara karşı dirençli olarak üretilmesine rağmen kavitasyon etkisiyle aşınabilmekte ve metal kontaminasyonu oluşabilmektedir. Bunun yanı sıra ultrases işlemi esnasında maddenin ısınabilmesi ve serbest radikaller oluşabilmesi de sistemin dezavantajı olarak değerlendirilmektedir [83].



Şekil 2. 6 Ultrases işlemcisi [77]

Gıda endüstrisinde ultrases uygulaması düşük yoğunluklu (<1 W/cm^2 ; >100 kHz) ve yüksek yoğunluklu ultrases (10-1000 W/cm^2; 18-100 kHz) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Düşük yoğunluklu ultrases, uygulandığı maddede fiziksel ve kimyasal bir değişime neden olmamaktadır. Daha çok gıdaların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde (sertlik, olgunluk, kompozisyon vb.) kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu ultrases ise kurutma, dondurma, donmuş gıdaları çözme, ekstraksiyon, homojenizasyon, emülsiyon oluşturma, protein denatürasyonu ve kristalizasyon işlemlerinde, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında, enzim ve mikroorganizmaların inaktive edilmesinde kullanılmaktadır [84].

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

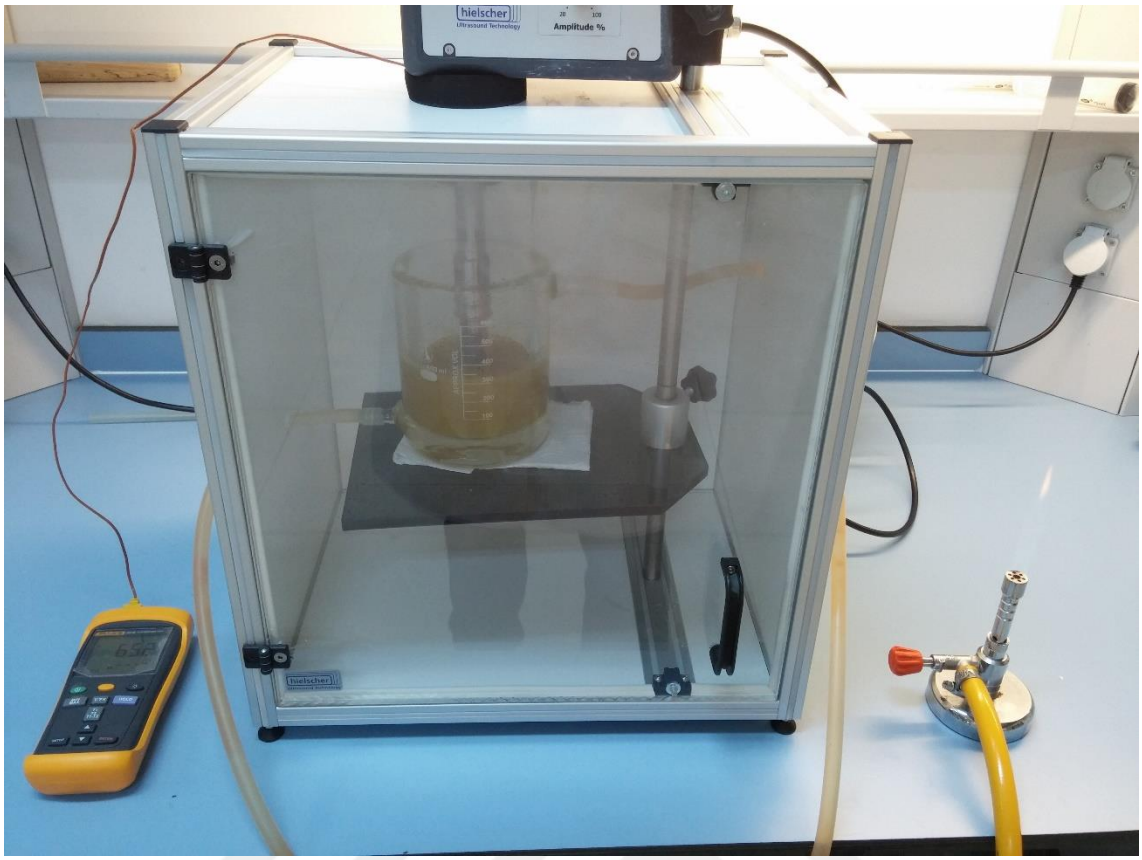
3.1 Materyal

Çalışmada İstanbul Meyve Hali'nden temin edilen *Golden delicious* çeşidi elmalar kullanılmıştır. Elmalar, elma suyu elde edilene kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Zarar görmemiş, sağlam elmalar musluk suyuyla yıkanıp kurulandıktan sonra katı meyve sıkacağında sıkılarak elma suyu elde edilmiştir. Örneklerin oksidasyona maruz kalmak suretiyle bileşiminde fazla değişiklik olmaması için elma suyu elde etme, termosonikasyon ve analiz işlemleri hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2 Yöntem

Elde edilen elma suları işlem öncesi 55, 65 ve 75 ^{o}C sıcaklığa kadar getirilip sırasıyla 3, 6, 9, 12 ve 15 dk boyunca 24 kHz frekans ve 85 µm genlik seviyesindeki ultrases işlemine (Hielscher, UP400S, Almanya) tabi tutulmuştur. Isıl olmayan teknolojilerde amaç yüksek sıcaklık değerlerinde meydana gelen olumsuzlukları engellemek olduğu için belirlenen sıcaklıkların üzerine çıkılmaması gerekmektedir. Bu nedenle belirli sıcaklık değerlerinin aşılmaması için ultrasesin uygulandığı reaktörün etrafında soğutma suyu sirküle edilmiştir (Şekil 3.1).

Ultrases işleminden sonra her bir örnek ağzı kapalı cam şişelere doldurularak 6. ve 12. haftadaki analizler için +4^{o}C'de depolanmıştır. Örneklerin bir kısmı ise ilk gün analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 3. 1 Elma suyu örneğine ultrases işleminin uygulanması

İlk gün ile depolamanın 6. ve 12. haftalarında elma sularındaki polifenol oksidaz (PFO) enzim aktivitesi, bulanıklık seviyesi ve bulanıklık kararlılığı, renk, pH, briks, toplam fenolik madde ve DPPH serbest radikal süpürme aktvitesi üzerine ultrases işleminin etkileri incelenmiştir.

3.2.1 Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Ölçümü

Elma sularının çözünür kuru madde miktarı (°Briks), Abbe refraktometresi (ABBE 5, İngiltere) kullanılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir.

3.2.2 pH Ölçümü

Elma sularının pH değerleri, pH metrenin (Thermo Scientific Orion Star A111, ABD) kalibrasyonu sağlandıktan sonra elma suyuna doğrudan pH metre probu daldırılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir.

3.2.3 Renk Ölçümü

Çalışmada üç boyutlu renk ölçümü esasına dayanan kolorimetre (Konica Minolta CR-400, Japonya) kullanılmıştır. Cihaz, standart seramik tabakası kullanılarak kalibre edilmiştir ve örnekler ölçüm kaplarına yerleştirilerek *L*, a* ve b** değerleri cinsinden renk analizleri yapılmıştır. Bu değerlere bağlı olarak kroma değeri [$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$] hesaplanmıştır. Kroma değeri, rengin doygunluğunu ifade etmektedir. Siyah, beyaz, gri gibi donuk renklerde kroma değerleri düşmekte ve canlı renklerde kroma değerleri yükselmektedir. *L** değeri beyazlık-siyahlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) değerleri arasında, *a** değeri yeşillik-kırmızılık olup -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) değerleri arasında ve *b** değeri mavilik-sarılık göstergesi olup –60 (mavi) ile +60 (sarı) değerleri arasında değişim göstermektedir.

3.2.4 Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Taze ve işlem uygulanmış elma suyunun PFO enzim aktivitesinin (EA) belirlenmesinde substrat olarak kateşol kullanılmıştır. 0,4 ml örnek, 0,4 ml kateşol çözeltisi (0,1 M) ve 2,2 ml McIlvane tampon çözeltisiyle (pH=6,5'e ayarlı fosfat tamponu) karıştırılmıştır. 420 nm dalga boyunda spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Japonya) kullanılarak 10 saniye aralıklarla 90 saniye boyunca absorbans değerleri kaydedilmiştir. Zamana karşı A_{420}'de meydana gelen doğrusal değişimin eğimine bağlı olarak EA belirlenmiştir. EA'nın her bir ünitesi "1 ml elma suyu numunesi başına 1 dakikada absorbansta meydana gelen 0,001 birimlik değişim (ΔA_{420} dk^{-1})" olarak kabul edilmiştir. Termosonikasyon işlemi uygulanan elma sularına ait enzim inaktivasyon seviyesi ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir [85]:

$$\%\text{Enzim İnaktivasyonu} = \left[\frac{(EA_{\text{Kontrol}} - EA_{\text{İşlem}})}{EA_{\text{Kontrol}}} \times 100 \right] \quad (3.1)$$

3.2.5 Bulanıklık Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Bulanıklık Seviyesinin Belirlenmesi

15 ml elma suyu örneği 760xg 'de 10 dakika santrifüjlendikten sonra doğrudan türbidimetre (WTW Turb 355 IR, Almanya) cihazına konularak NTU(Nepholometric Turbidity Unit) değeri olarak belirlenmiştir.

Bulanıklık Kararlılığının Belirlenmesi

15 ml elma suyu örneği 4200xg' de 15 dakika santrifüjlemeden önce (BK_{ilk}) ve santrifüjledikten sonra (BK_{son}) bulanıklık seviyesi ölçülmüş ve oranlanarak bulanıklık kararlılığı % olarak ifade edilmiştir [50].

$$\%\mathrm{BK} = \frac{\mathrm{BK_{Son}}}{\mathrm{BK_{İlk}}} \times 100 \qquad (3.2)$$

3.2.6 Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi

Antioksidan özelliklerin belirlenmesi için elma suyu örneklerine ekstraksiyon işlemi uygulanarak analize hazır hale getirilmiştir.

Ekstraksiyon İşlemi

Örneklerin ekstraksiyonu için metanol çözgeni kullanılmıştır. Elma suyu örneklerinden 5 mL alınıp %80' lik metanol çözgeni ile 25 mL' ye tamamlanarak 1/5 oranında seyreltilmiştir. Elde edilen çözeltiler 1 dakika boyunca homojenizatör (DAIHAN HG-15A, Kore) ile karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen bu çözeltiler 2 saat boyunca çalkalayıcıda (Heidolph Rotamax 120, Almanya) bekletilerek inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra adi filtre kâğıdı yardımıyla süzülen çözeltiler, 4000 rpm'de 25^{o}C'de 10 dakika boyunca santrifüjlenmiş (Hettich Universal 320R, Almanya) ve eğer çökelme olmuş ise süpernatant filtre elde dilerek ekstraksiyon işlemi tamamlanmıştır.

Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi Folin-Ciocalteu yöntemi ile spektrofotometrik olarak yapılmıştır. Singleton ve Rossi [87] tarafından belirlenen yönteme göre; ekstrakte edilmiş her bir numuneden 0,5 mL alınmış ve her tübe 15 s aralıklarla 2,5 mL Folin-Ciocalteu fenol çözeltisi (0,2N) ilave edilmiştir. 3 dakikalık bekleyişin ardından ilk tüpten başlanarak 15 saniye aralıklarla 2 mL Na_2CO_3 (%7,5) ilave edilmiştir ve sonrasında karanlık bir ortamda 30 dk boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda maviye dönen karışımın absorbans değeri 760 nm' de spektrofotometre cihazında (Shimadzu UV-1800, Japonya) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar gallik asit eşdeğeri (mg GAE L^{-1} örnek) olarak ifade edilmiştir.

Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi

Termosonikasyon uygulanmış elma sularının antioksidan aktivitesini belirlemek için DPPH serbest radikal temizleme aktivitesi yöntemi kullanılmıştır.

Ekstrakte edilmiş her bir numuneden 0,1 mL alınmış ve kör numune olarak ise örnek yerine metanol konulmuştur. Her tübe 20 s aralıklarla metanol ile hazırlanan 5 mL DPPH (2,2-Diphenyl-1-pcyrylhydrazyl) çözeltisi (0,1 mM) eklenmiştir. Ardından 20 dakika boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır.

Koyu mor renkli bir radikal olan DPPH radikali ortamdaki antioksidan varlığında bir proton alarak renksiz bir bileşik olan DPPH indirgenmiş molekülüne dönüşmektedir. Ekstraksiyon işleminde çözücü olarak metanol kullanıldığından dolayı DPPH çözeltisi de metanol ile hazırlanmıştır. Nispi Antiradikal aktivite (%ARA) değeri hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$\%ARA=[(A_K-A_Ö) / A_K] \times 100 \quad (3.4)$$

A_K: Kör numune absorbans değeri (metanol)

$A_Ö$: Örnek absorbans değeri

Bu çalışma kapsamında elde edilen anti radikal aktivite sonuçları troloks eşdeğerliliği olarak ifade edilmiş olup, bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan formül aşağıda sunulmuştur [88]:

Troloks eşdeğerlilik (mg/L) = [(5,288 × ARA%) - 6,376] × Dilüsyon Faktörü (3.5)

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Termosonikasyon İşleminin pH ve SÇKM Değerleri Üzerine Etkisi

İşlem görmemiş elma suyunun pH değeri 3,75±0,3; SÇKM değeri ise 11,2±0,5 olarak tespit edilmiştir. Elma sularına ultrases işlemi uygulaması sonrasında pH ve SÇKM değerleri üzerine etkisi sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Çizelge 4.1'den de anlaşılacağı üzere ultrases işlemi uygulandıktan sonra pH değerinde dikkat çekici seviyede bir değişim gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte depolama sürecinde pH değerinde bir miktar artış gözlemlenmiştir. Bu değişim ultrases işlemlerinin uygulanması ile bazı kimyasal bileşiklerin oluşması ile açıklanabilir. Elma suyunun tamponlayıcı etkisi ile ilk aşamada kendini gösteremeyen bu değişimin, bazik karakterde bileşiklerin ortaya çıkması ve bunun zamanla kendini göstermesine bağlı olarak pH değerinin artış gösterdiği yönünde açıklanabilir. Daha önceden yapılan çalışmalarda da ultrasesin işlemle birlikte önemli seviyede pH değişimine sebep olmadığı rapor edilmiştir. [3], [4], [5], [7], [10], [11], [89], [90], [91].

Çizelge 4.2'ye bakıldığında ise ultrases işleminin uygulanmasıyla, özellikle işlemlerin sıcaklık ve süresinin artmasıyla birlikte SÇKM değerinde kısmen bir artış görülmektedir. Bu artış, uygulanan işlemler sırasında önlenemeyen buharlaşmaya bağlı olarak oransal olarak şeker içeriğinin artmasıyla açıklanabilir. Bununla birlikte depolama sürecinde SÇKM içeriğinde kısmen azalma görülmüştür. Bu azalma özellikle kontrol numunesi için mikrobiyal faaliyet sonucu şekerlerin tüketilmesi ile açıklanabileceği gibi, şekerlerin depolama sürecinde yapacağı kimyasal bağlar neticesinde serbest formunu kaybetmesiyle de açıklanabilir. Daha önceden yapılan çalışmalarda da ultrasesten

kaynaklı ısınmaya bağlı olarak buharlaşmayla birlikte SÇKM değerinde artışın olduğu görülmektedir. [13], [89].

Çizelge 4. 1 Termosonikasyon işleminin elma suyunun pH değeri üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	3,75±0,3	3,77±0,1	3,79±0,1
55	3	3,91±0,1	3,77±0,1	3,63±0,3
	6	3,88±0,2	3,96±0,2	4,04±0,3
	9	3,89±0,1	3,96±0,4	4,04±0,4
	12	3,88±0,1	3,98±0,3	4,09±0,3
	15	3,88±0,1	3,97±0,2	4,07±0,4
65	3	3,74±0,4	3,90±0,2	4,07±0,4
	6	3,76±0,4	3,91±0,2	4,07±0,3
	9	3,75±0,4	3,91±0,2	4,07±0,4
	12	3,69±0,5	3,88±0,3	4,08±0,4
	15	3,76±0,4	3,93±0,1	4,10±0,4
75	3	3,72±0,4	3,88±0,1	4,04±0,2
	6	3,75±0,4	3,91±0,1	4,06±0,3
	9	3,75±0,4	3,91±0,1	4,08±0,3
	12	3,76±0,4	3,93±0,1	4,11±0,3
	15	3,77±0,4	3,93±0,1	4,09±0,3

Çizelge 4. 2 Termosonikasyon işleminin elma suyundaki SÇKM (°B) değeri üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	11,2±0,5	10,1±1,3	9,4±1,5
55	3	11,8±1,4	10,9±1,8	10,4±1,7
	6	11,9±1,3	11,6±1,4	11,6±1,0
	9	12,2±1,2	11,8±1,3	11,7±0,9
	12	12,2±1,2	12,0±1,0	11,9±0,5
	15	12,3±1,3	11,6±1,6	11,2±1,6
65	3	12,3±0,7	11,7±0,1	11,4±1,0
	6	12,1±0,9	11,5±1,1	10,9±1,1
	9	12,5±0,4	11,8±0,3	11,7±0,7
	12	12,3±0,6	11,8±0,2	11,7±0,9
	15	12,5±0,3	11,6±0,5	11,5±0,5
75	3	12,1±0,1	11,7±0,0	11,5±0,2
	6	12,2±0,1	11,9±0,2	11,7±0,2
	9	12,1±0,5	11,9±0,1	11,8±0,0
	12	12,5±0,0	12,1±0,5	12,3±0,3
	15	12,6±,0,1	12,1±0,5	12,2±0,1

4.2 Termosonikasyon İşleminin Renk Değeri Üzerine Etkisi

İşlem uygulanmamış elma suyunun *L** ve kroma değerleri sırasıyla 28,6±0,2 ve 7,5±0,9 olarak tespit edilmiştir. Elma sularına ultrases işlemi uygulaması sonrasında *L* değeri ve kroma değeri üzerine etkisi Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Bu tablodan da anlaşılacağı üzere *L** değerinde ve kroma değerlerinde ultrases işlemleri sonrasında bir artış bulunmaktadır. Sonucuyla en çok dikkat çeken uygulama 65°C'de 12 dakika uygulanan ultrases işlemi olmuştur. Bu işlem sonucunda elma sularının *L** renk değerlerinde olumlu kabul edilebilecek seviyeye kadar (~%19) açılmaya ve kroma değerinde ise önemli seviyede artışa (~%25) sebep olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmacının da gözüyle görebileceği kadar belirgin olan bu değişim elmanın sıkılıp elma suyuna dönüşmesine kadar geçen süreçte meydana gelen enzimatik kaynaklı esmerleşme reaksiyonlarının bir nevi geri dönüşü olarak açıklanabilir. Başka bir deyişle renkte meydana gelen bu değişimlerin olumlu olarak kabul edilebilecek seviyede olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Başlar ve Ertugay [89] da yaptıkları çalışmada özellikle 60°C'de yapılan işlemler sırasında *L** değerinde kısmi bir artışa bağlı olarak olumlu algılanabilecek renk değişimleri olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde yapılan bazı çalışmalarda da ultrases işleminin *L** değerini artırdığı rapor edilmiştir [3], [5], [7], [11], [90].

*L** değerindeki bu artış, PFO ve fenolik bileşiklerin oksijen varlığında gerçekleştirdikleri enzimatik esmerleşme reaksiyon ürünlerinin ultrasonik kavitasyon sonucunda parçalanmasıyla *L** değerinin azalmasına sebep olan bileşenlerin fiziksel olarak parçalanması veya reaksiyonun geri çevrilmesi ile açıklanabilir.

Çizelge 4. 3 Termosonikasyon işleminin elma suyunun *L**değeri üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	28,6±0,2	30,8±2,5	32,3±4,2
55	3	30,5±1,9	30,7±1,0	35,3±6,1
	6	32,3±3,1	31,9±1,3	35,2±4,7
	9	32,2±0,7	32,1±1,0	35,9±2,7
	12	33,4±0,7	32,5±1,0	36,6±4,3
	15	31,3±1,6	31,5±0,0	35,6±4,1
65	3	31,9±6,5	33,2±5,9	35,8±7,0
	6	32,0±1,9	33,9±2,6	36,9±4,9
	9	32,5±5,8	34,2±5,0	37,0±5,7
	12	34,2±2,8	34,6±1,5	38,2±4,7
	15	34,2±2,7	35,8±3,1	38,3±4,9
75	3	33,1±0,7	34,8±1,3	36,0±1,2
	6	33,3±1,4	35,3±0,6	35,3±2,7
	9	32,6±2,2	33,8±2,3	34,9±2,2
	12	33,6±3,9	34,0±2,4	35,8±2,8
	15	32,7±1,8	34,6±1,9	35,4±0,6

Çizelge 4. 4 Termosonikasyon işleminin elma suyunun kroma değeri üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	7,5±0,9	5,3±1,1	3,7±2,0
55	3	8,4±0,8	6,7±0,7	4,1±0,9
	6	9,1±0,4	6,9±1,3	3,6±0,8
	9	9,3±0,5	7,1±1,0	3,8±1,2
	12	9,2±0,4	6,8±1,1	3,8±1,7
	15	8,3±0,5	6,3±0,8	3,6±1,1
65	3	9,2±2,3	8,0±2,6	5,3±1,0
	6	8,6±3,5	7,3±3,6	5,0±2,3
	9	9,2±3,4	8,6±3,8	5,7±1,0
	12	9,4±3,3	7,0±3,4	3,7±2,0
	15	8,2±2,5	6,8±2,4	4,5±1,0
75	3	9,3±0,3	7,2±0,1	4,9±0,3
	6	9,0±1,2	7,0±0,9	4,9±0,7
	9	7,4±1,9	5,4±1,5	4,4±2,7
	12	7,2±2,3	5,3±2,1	3,6±2,2
	15	7,7±0,7	6,1±0,7	3,8±0,2

4.3 Termosonikasyon İşleminin PFO Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

İşlem uygulanmamış elma suyunun başlangıç PFO aktivitesi 0,593 EA olarak belirlenmiştir. Elma sularına ultrases işlemi uygulaması sonrasında polifenol oksidaz (PFO) enzim aktivitesindeki değişim Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Bu tablodan da görüldüğü üzere işlem sıcaklığı ve işlem süresinin artmasına bağlı olarak PFO enzim inaktivasyon değeri önemli seviyede azalmaktadır. 55 ve 65°C'de 15 dakika uygulanan uygulanan ultrases işlemleri sonrasında bile PFO enziminin tamamen (%100) inaktif edilememesine karşın 75°C'de 3. dakikadan itibaren bütün işlem şartlarında inaktif hale geldiği görülmektedir. Burada, açık bir şekilde termosonikasyon etkisi görülebilmektedir. Normalde 55 ve 65°C'de tamamen inaktif edilemeyen enzimin sıcaklık artışıyla daha düşük işlem sürelerinde bile inaktif edilmesi sıcaklık artışının önemini göstermektedir. Başka bir açıdan bakılırsa, ısıl işlemle 90°C sıcaklıkta inaktif edilen PFO enzimi çok daha düşük sıcaklıklarda inaktif edilebilmiştir. Elma suyu teknolojisinde PFO enziminin inaktive edilmesinin esas alındığı düşünülürse, 75°C'deki bu inaktivasyonun önemi daha iyi anlaşılacaktır. Çünkü daha düşük sıcaklık uygulamaları ile elma suyunun duyusal ve fonksiyonel kalitesindeki kayıplar daha sınırlı olacağı için, elde edilen bu sonuçlar elma suyu teknolojisi açısından oldukça önemlidir.

PFO enziminin ultrases işlemi ile inaktif hale gelmesinin en önemli sebebinin akustik kavitasyon olduğu düşünülmektedir. Bu kavitasyon sürecinde oluşan birçok mekanik ve kimyasal etkinin neticesinde enzim doğal yapısını kaybederek bozulmakta ve aktivite gösterememektedir. Özellikle kavitasyonla ortaya çıkan şok dalgalar güçlü bir makaslama etkisi yapmakta ve sıvıda meydana getirdiği mikrodalgalanmalar, polipeptid zincirindeki Van Der Waals interaksiyonlarını ve hidrojen bağlarını kırarak enzimin denatüre olmasına sebep olmaktadır [92].

Başlar ve Ertugay [89] yaptıkları çalışmada 40^{o}C'de ultrases işlemiyle PFO inaktivasyonu sağlayamazken, 50^{o}C'de çok sınırlı seviyede bir inaktivasyon elde edilmiş; 60°C'deki ultrases işlemiyle ise yaklaşık %83'lük enzim seviyesine kadar ulaşılabilmiştir. Saeeduddin vd. [10], armut suyuna uyguladıkları 65^{o}C sıcaklıktaki ultrases işleminin polifenol oksidaz (PFO) enzimini %98,1 oranında inaktive ettiğini belirtmişlerdir. Abid vd. [11] tarafından yapılan bir çalışmada elma sularına ultrasonik işlemci ile 60^{o}C'de 10

dakika uygulanan işlem sonucunda ise PFO enziminin %93,85 oranında inaktive olduğu belirtilmiştir. Sulaiman vd. [12] ise elma suyuna 58^{o}C'de 10 dakika boyunca ultrases işlemi uygulamışlar ve işlem sonucunda PFO enziminin %85,1 oranında inaktive olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen bu sonuçlar bu tez çalışmasındaki sonuçları doğrular niteliktedir.

Çizelge 4.5'ten gözlemlenen bir diğer sonuç ise depolama sürecinde PFO aktivitesinde yaşanan kayıptır. Bu kayıplara, depolanan şişelerde kalan oksijenin sebep olduğu ve uzun depolama sürecinin PFO'nun kaybolmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. 5 Termosonikasyon işleminin elma suyundaki polifenol oksidaz (PFO) enzim inaktivasyonu (%) üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
55	3	61,7±16,8	75,1±12,6	97,3±3,9
	6	60,8±7,9	71,8±11,9	97,0±4,2
	9	56,3±9,5	84,2±6,5	98,1±2,7
	12	57,9±8,9	88,4±13,9	96,4±5,1
	15	64,7±7,6	91,3±8,8	100,0±0,0
65	3	67,3±12,4	76,7±16,1	92,8±10,2
	6	72,6±14,7	82,8±12,4	93,5±9,2
	9	78,5±13,7	87,0±10,0	93,9±8,6
	12	86,1±12,7	89,3±11,7	100,0±0,0
	15	90,0±14,1	100±0,0	100,0±0,0
75	3	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0
	6	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0
	9	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0
	12	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0
	15	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0

4.4 Termosonikasyon İşleminin Bulanıklık Kalite Değerleri Üzerine Etkisi

İşlem görmemiş elma suyunun bulanıklık düzeyi 22,3±18,3 NTU; bulanıklık kararlılığı ise %4,7±1,1 olarak tespit edilmiştir. Elma sularına ultrases işlemi uygulanmasının bulanıklık düzeyi ve bulanıklık kararlılığı üzerine etkisi, sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de sunulmuştur. Bu çizelgelerden de görüldüğü üzere ultrases işleminin bulanıklık düzeyi ve bulanıklık kararlılığı üzerine oldukça etkili olduğu görülmektedir. Bulanıklık kalite değerleri üzerine en önemli sonuçlar 65°C'de 12 dakika uygulanan işlemlerde elde edilmiştir. 65°C'de 12 dakika uygulanan ultrases işleminin, işlem görmemiş elma sularına kıyasla bulanıklık seviyesini ~92 kat ve bulanıklık kararlılığını ~9 kat artırdığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar elma suyu teknolojisi açısından oldukça önemli sonuçlardır. 75°C'deki ultrases işlemi ise bulanıklık kalitesi üzerinde 65°C'de uygulanan ultrases işlemine göre daha düşük seviyede etki göstermiştir.

Bulanıklık kalite özelliklerinin ultrases işlemiyle artmasının en önemli sebebinin akustik kavitasyon olduğu düşünülmektedir. Akustik kavitasyon ile dibe çökecek bileşikler mikroşoklar ile parçalanmakta ve elma suyu serum çözeltisinde çözünecek bir hacimsel küçülme gerçekleşmektedir.

En dikkat çekici sonuçlardan bir tanesi de 75°C'de daha düşük bulanık kalitesinin elde edilmesidir. Burada sıcaklığın partikül boyutunun küçülmesine doğrudan bir katkısı olmaması nedeniyle sıcaklığın bu seviyeden (65°C) sonraki sıcaklıklarda akustik kavitasyonun daha erken patlamasına sebep olarak istenen etkileşimin görülmediği anlaşılabilir.

Ertugay ve Başlar [2] tarafından yapılan çalışmada 40-60°C aralığında ultrases işlemi uygulanmış ve sıcaklık ile süre artışına bağlı olarak bulanıklık kalitesinde artış gözlemlenmiştir. 60°C'de 10 dakikalık ultrases işlemi sonrasında bulanıklık seviyesinde 16,9; bulanıklık kararlılığında ise 9,8 kat artış görülmüştür. Tiwari vd. [3] ile Aadil vd. [6] 'nin de uyguladıkları ultrases işlemleri ile bulanıklık seviyesinde önemli artışlar gözlemlediği bilinmektedir. Bu tez kapsamında elde edilen sonuçların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu ve daha kapsamlı sonuçlar içerdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4. 6 Termosonikasyon işleminin elma suyunun bulanıklık düzeyi (NTU) üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi (Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	22,3±18,3	28,7±9,4	37,7±3,2
55	**3**	264,4±56,8	277,4±96,0	257,2±88,2
	6	593,6±98,4	598,8±131,9	595,8±153,7
	9	810,5±177,2	734,7±166,3	619,4±99,3
	12	938,4±153,5	830,3±139,0	710,4±107,8
	15	797,9±166,7	689,4±187,1	550,6±164,6
65	**3**	1320,7±183,7	1255,0±175,8	1190,9±170,1
	6	1382,8±171,7	1298,4±124,3	1213,9±76,9
	9	1639,3±199,8	1518,2±171,7	1405,5±155,5
	12	2040,6±190,9	1964,1±219,6	1866,2±218,1
	15	1950,0±179,9	1748,5±207,7	1478,1±138,1
75	**3**	858,4±146,4	789,1±94,6	697,8±73,9
	6	585,0±11,8	583,8±54,0	596,4±76,7
	9	803,4±154,8	748,6±40,1	734,0±17,7
	12	1028,6±108,1	870,5±113,8	718,5±128,1
	15	1000,1±41,0	939,7±106,4	860,9±145,8

Çizelge 4. 7 Termosonikasyon işleminin elma suyunun bulanıklık kararlılığı (%) üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	4,7±1,1	2,5±0,7	0,7±0,0
55	3	15,8±3,3	11,1±4,9	1,4±0,6
	6	31,2±10,1	25,9±10,9	13,4±1,5
	9	44,5±11,4	24,5±2,2	14,8±7,6
	12	39,9±11,7	30,1±9,5	22,0±9,7
	15	30,2±11,4	23,1±9,5	12,4±2,3
65	3	24,7±11,0	21,4±10,0	18,7±9,9
	6	25,5±9,6	17,2±5,5	13,2±7,3
	9	26,9±11,5	24,1±11,8	19,4±9,4
	12	43,2±4,8	42,5±0,9	42,9±4,4
	15	37,2±3,6	37,7±6,6	34,7±4,8
75	3	15,5±3,5	8,9±5,8	7,6±6,0
	6	18,1±4,3	9,5±7,7	9,2±5,4
	9	18,5±2,1	9,5±4,9	9,0±5,7
	12	20,6±2,0	10,5±2,2	6,5±2,1
	15	23,0±4,2	12,9±4,5	8,5±7,8

4.5 Termosonikasyon İşleminin Biyoaktif Bileşenler Üzerine Etkisi

Elma sularına termosonikasyon işlemi uygulamasının fenolik madde miktarı (mg GAE/kg) ve antioksidan aktivite üzerine etkisi Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da sunulmuştur. İşlem görmemiş elma suyunun fenolik madde içeriği 473,3±86,5 mg GAE/kg olarak tespit edilirken, antioksidan aktivitesi 1014,6±69,3 mg TE/kg olarak tespit edilmiştir.

Biyokatif bileşenlerde termosonikasyon uygulaması sonucu kısmi bir azalma görülmesine karşın depolama sürecinde biyoaktif bileşen değerlerinde çok önemli azalmalar gözlemlenmiştir. Çizelge 4.5'ten de anlaşılacağı üzere PFO enzim aktivitesinin tamamen inaktive edilememesine bağlı olarak bu fenolik bileşiklerin dokular arasındaki oksijen ve şişede bulunan sınırlı düzeydeki oksijenin de etkisiyle parçalanma reaksiyonlarına girmiş olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bazı işlem şartlarında fenolik madde içeriğinin oransal olarak kontrolden bile daha fazla azalması, ultrases işleminin ilk işlem uygulamasında fenolik bileşiklere zarar vermesi veya bazı kimyasal bağların kısmi zarar görmesi sonucunda hasarlanmasına bağlı olarak depolanma sürecinde bozunma reaksiyonlarına daha hızlı girme eğilimine sahip olmasıyla açıklanabilmektedir.

Saeeduddin vd. [10] tarafından yapılan çalışmada 45 ve 65^{o}C sıcaklıktaki ultrases işlemleri sonucunda hiç işlem görmemiş armut sularına göre biyokaktif bileşen miktarlarında düşüş yaşanmıştır.

Başlar ve Ertugay [89] tarafından yapılan çalışmada ise elma suyuna ultrases işlemi uygulamasıyla fenolik bileşikler üzerine açık bir değişim gözlemlenmemiştir. Buna karşın, bu çalışmada daha belirgin bir şekilde fenolik bileşiklerde azalma kaydedilmiştir. Bu tez çalışmasında uygulanan işlem sıcaklıklarının daha fazla olması nedeniyle fenolik bileşiklerdeki degradasyon seviyesinin de arttığı düşünülmektedir.

İrkilmez vd. [91] tarafından yapılan çalışmada ise erik nektarına ultrases işlemi uygulamasıyla fenolik bileşiklerin arttığı gözlemlenmiştir. Bu değişiklik; erik nektarının yapısal farklılığına bağlı olarak, ultrases işlemleri neticesinde fenolik bileşiklerin nektardan serbest hale geçmesine bağlı olmasıyla açıklanmaktadır.

Çizelge 4. 8 Termosonikasyon işleminin elma suyunun fenolik madde miktarı (mg GAE/kg) üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	473,3±86,5	363,8±9,7	253,6±65,9
55	3	381,7±63,1	243,4±76,5	159,9±12,4
	6	422,8±84,8	287,2±93,6	226,4±3,2
	9	542,7±64,1	306,9±82,5	134,0±11,6
	12	473,0±81,6	337,9±75,0	223,3±39,2
	15	443,0±62,0	290,8±53,0	162,2±10,7
65	3	321,8±47,8	206,4±73,9	186,1±61,3
	6	346,3±58,9	218,0±80,5	209,3±50,8
	9	342,8±11,6	217,9±92,7	176,9±55,1
	12	370,8±67,1	264,2±50,9	189,5±10,3
	15	488,2±2,7	373,1±71,5	336,1±29,7
75	3	458,0±66,9	355,5±20,0	304,2±99,2
	6	383,3±24,3	312,7±20,8	297,0±60,5
	9	431,8±71,0	369,0±10,8	298,0±80,9
	12	409,8±39,5	394,3±58,9	330,9±89,7
	15	428,7±88,9	401,5±19,1	384,8±65,6

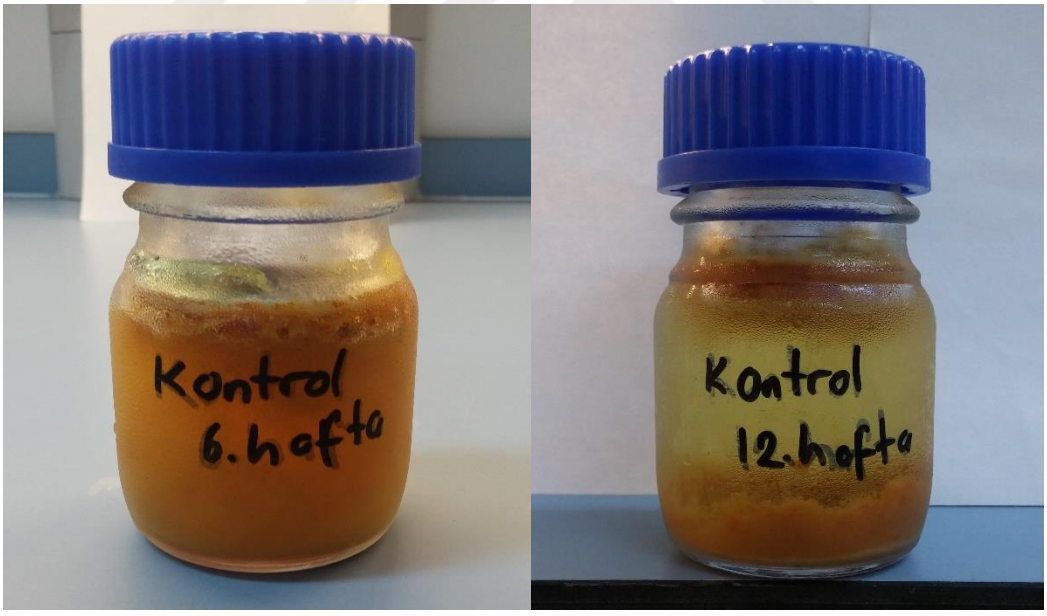
Çizelge 4. 9 Termosonikasyon işleminin elma suyunun antioksidan aktivitesi üzerine etkisi

İşlem Sıcaklığı (°C)	Süre (dak.)	Depolama süresi(Hafta)		
		0	6	12
Kontrol	-	1014,6±69,3	665,8±8,7	314,4±82,9
55	3	947,3±115,4	503,0±116,2	168,5±38,3
	6	933,6±118,7	506,8±108,5	168,4±26,7
	9	954,4±74,8	481,6±128,5	163,8±36,8
	12	978,5±63,4	511,0±113,0	181,7±32,7
	15	893,4±118,6	561,6±115,2	266,4±60,0
65	3	953,3±8,6	516,7±131,2	238,9±29,4
	6	956,1±23,5	592,7±122,1	320,0±92,3
	9	940,5±54,1	535,3±126,1	251,7±26,3
	12	969,7±15,6	574,6±135,1	346,3±18,7
	15	1043,8±76,0	638,6±106,3	411,1±37,4
75	3	966,4±44,6	669,1±19,4	439,5±89,8
	6	994,7±2,2	662,2±26,7	397,7±40,5
	9	943,3±102,4	688,5±61,6	511,2±88,6
	12	965,2±95,3	805,7±8,4	646,9±79,3
	15	906,5±120,3	767,3±20,5	597,3±82,3

4.6 Bazı Elma Suyu Örneklerinin Depolama Öncesi ve Sonrası Görüntüleri

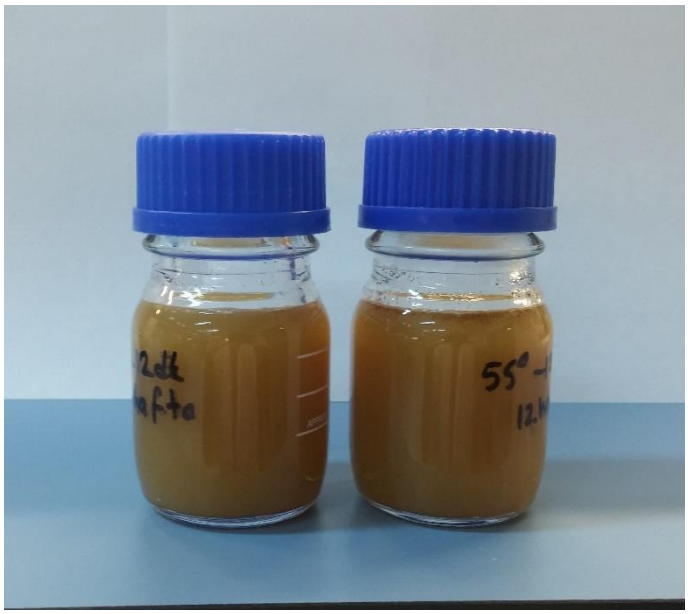


Şekil 4. 1 İşlem görmemiş elma suyunun ilk günkü görüntüsü

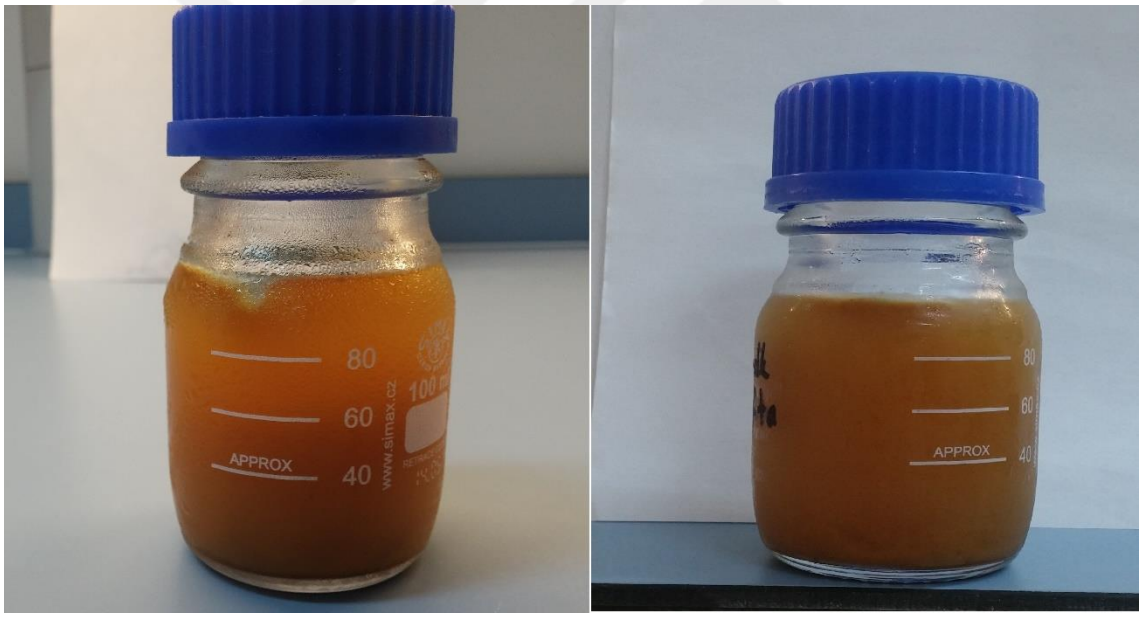


(a) (b)

Şekil 4. 2 İşlem görmemiş elma suyunun 6 hafta (a) ve 12 hafta (b) sonraki görüntüleri

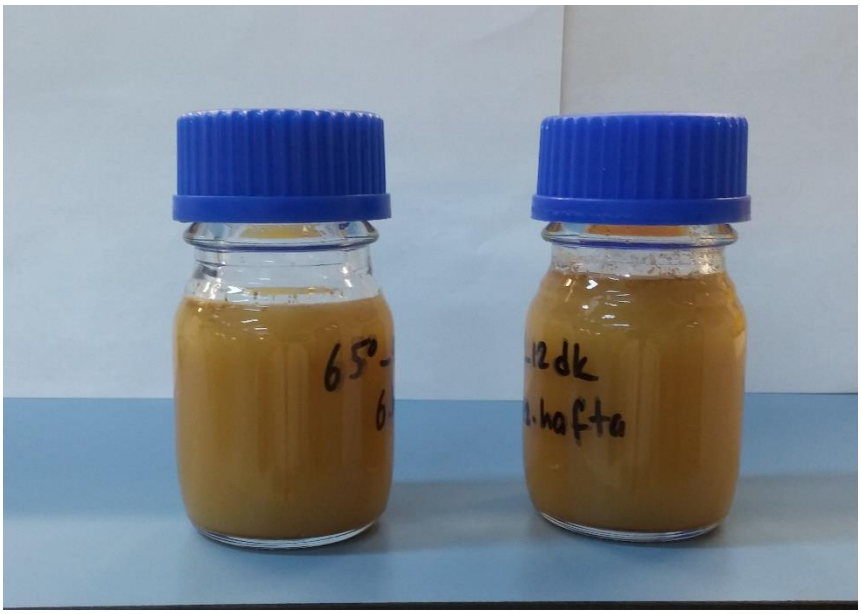


Şekil 4. 3 55°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun ilk gün görüntüsü

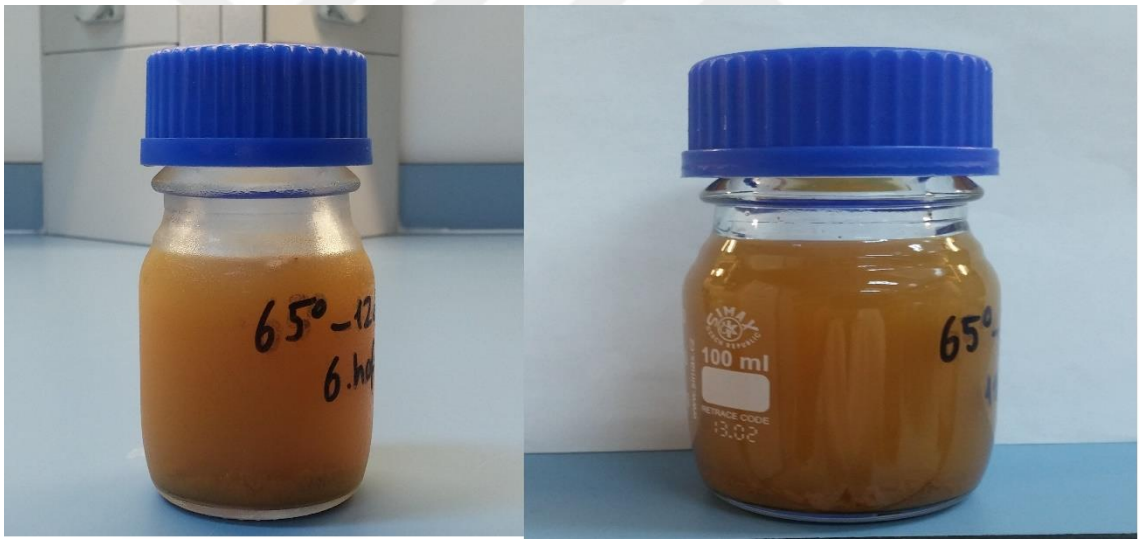


(a) (b)

Şekil 4. 4 55°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun 6 (a) ve 12 (b) hafta sonraki görüntüleri

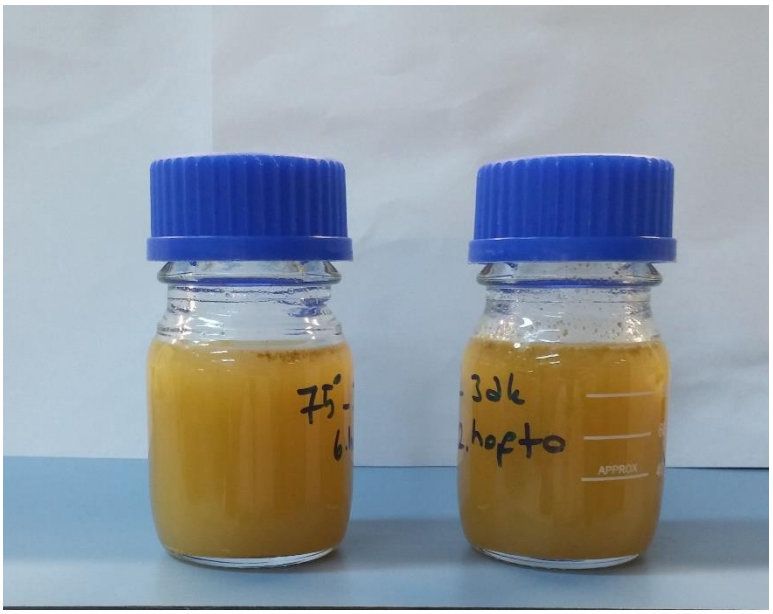


Şekil 4. 5 65°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun ilk gün görüntüsü

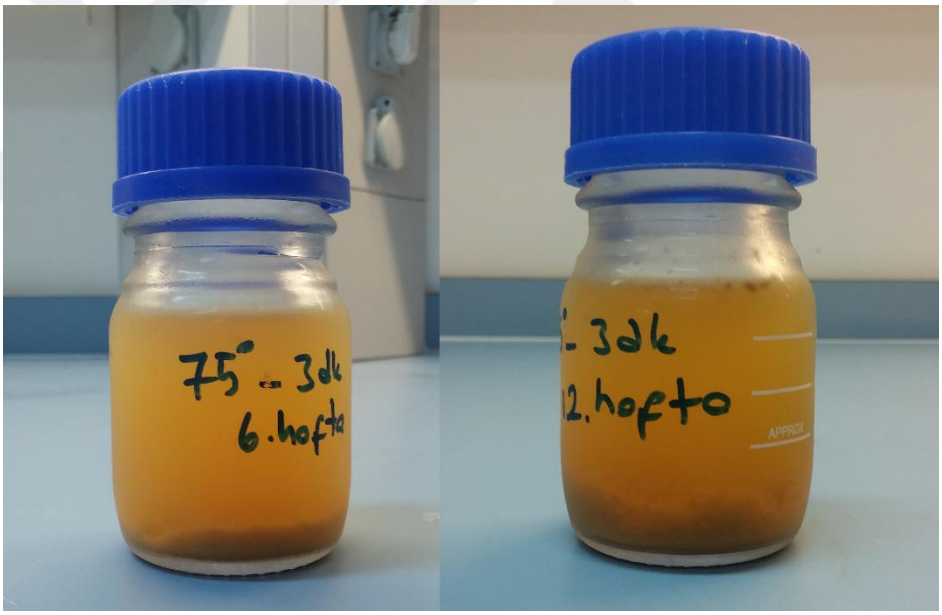


(a) (b)

Şekil 4. 6 65°C'de 12 dakika işlem gören elma suyunun 6 (a) ve 12 (b) hafta sonraki görüntüleri

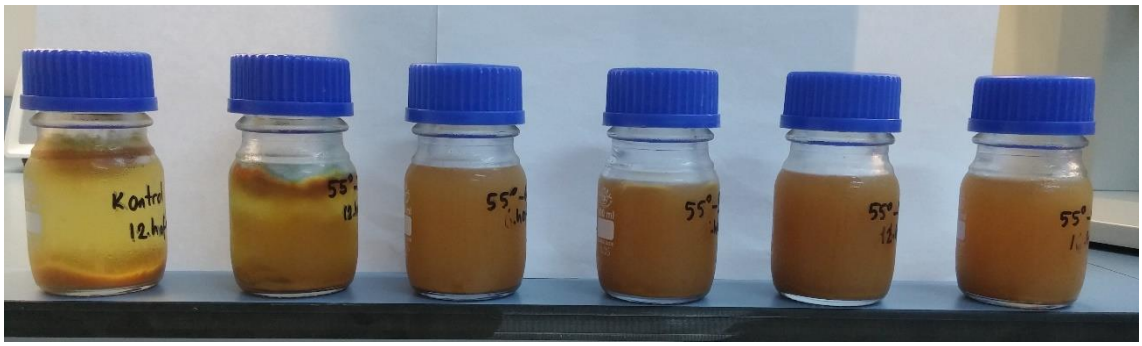


Şekil 4. 7 75°C'de 3 dakika işlem gören elma suyunun ilk gün görüntüsü

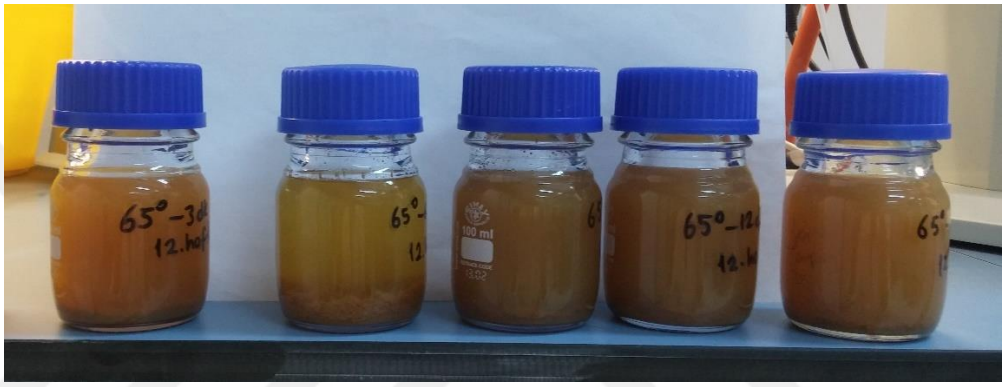


(a) (b)

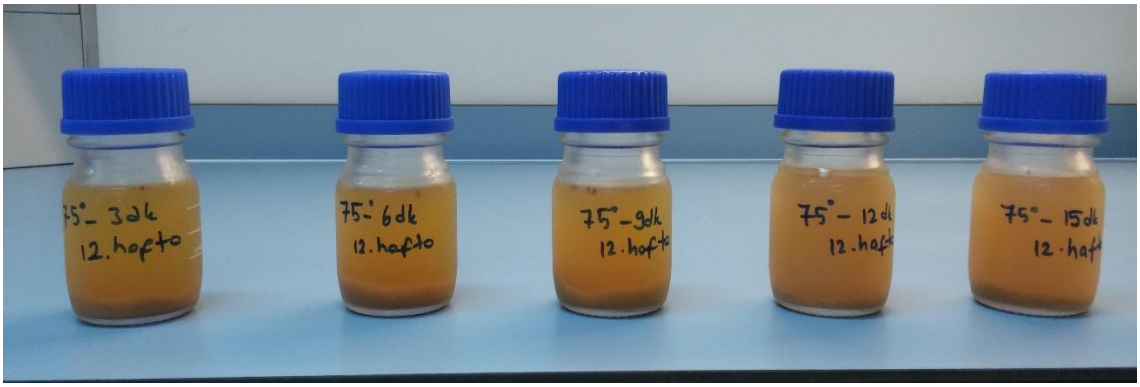
Şekil 4. 8 75°C'de 3 dakika işlem gören elma suyunun 6 (a) ve 12 (b) hafta sonraki görüntüleri



Şekil 4. 9 İşlem görmemiş ve 55°C'de işlem görmüş elma sularının 12 hafta sonundaki görüntüleri (İşlem süresi sırasıyla)



Şekil 4. 10 65°C'de işlem görmüş elma sularının 12 hafta sonundaki görüntüleri (İşlem süresi sırasıyla)



Şekil 4. 11 75°C'de işlem görmüş elma sularının 12 hafta sonundaki görüntüleri (İşlem süresi sırasıyla)

BÖLÜM 5

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ultrases işleminin 55-75°C sıcaklıklarında elma suyuna uygulanması ile hem bulanıklık kalitesi, hem PFO inaktivasyonu hem de *L** değeri dikkate alındığında endüstriyel olarak uygulanabilecek çok önemli bilgilere ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Bu tez çalışmasında ortaya yeni bilgilerin çıktığı ve daha sonraki yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

75°C sıcaklıkta PFO enzim aktivitesi tamamen inaktive edilirken bulanıklık kalitesinin en fazla 65°C'de gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Hem araştırmacının hem de daha önceki araştırmacıların olumlu olarak gördüğü *L** değerindeki kısmi artış ise bütün sıcaklıklarda gözlemlenebilmiştir. Bununla birlikte tamamen PFO enzim aktivitesinin durdurulduğu 75°C'de bulanık kalitesinin yeterli olmadığı, yine benzer şekilde bulanıklık kalitesinin en iyi seviyede olduğu 65°C'deki ultrases işlemlerinde ise PFO enziminin tamamen inaktif edilemediği anlaşılmaktadır. Bu iki zıtlığın giderilmesi için önce 65°C'de 9-12 dakika ultrases işlemi uygulandıktan sonra kısa süreli bir 75°C'de 2-3 dakikalık ultrases işlemi uygulayarak her iki avantajın da elde edilebileceği bir işlem kombinasyonunun yapılması durumunda ideal bir elma suyu üretim yönteminin geliştirilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Ercan, S.Ş. ve Soysal, Ç., (2010). "Effect of Ultrasound and Temperature on Tomato Peroxidase", Ultrasonics Sonochemistry, 18 (2): 689‑695.

[2] Ertugay, M.F. ve Başlar, M., (2014). "The Effect of Ultrasonic Treatments on Cloudy Quality-Related Quality Parameters in Apple Juice" , Innovative Food Science and Emerging Technologies, 26: 226–231.

[3] Tiwari, B.K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C.P. ve Cullen, P.J., (2008). "Effects of Sonication on the Kinetics of Orange Juice Quality Parameters", Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56 (7): 2423-2428.

[4] Bhat, R., Kamaruddin, N.S.B.C., Min-Tze, L. ve Karim, A.A., (2011). "Sonication Improves Kasturi Lime (*Citrus microcarpa*) Juice Quality", Ultrasonics Sonochemistry, 18 (6): 1295-1300.

[5] Ugarte-Romero, E., Feng, H., Martin, S.E., Cadwallader, K.R. ve Robinson, S.J., (2006). "Inactivation of *Escherichia coli* with Power Ultrasound in Apple Cider", Journal of Food Science, 71 (2): E102-E108.

[6] Aadil, R.M., Zeng, X.A., Han, Z. ve Sun, D.W., (2013). "Effect of Ultrasound Treatments on Quality of Grapefruit Juice", Food Chemistry, 141 (3): 3201-3206.

[7] Santhirasegaram, V., Razali Z. ve Somasundram C., (2013). "Effects of Thermal Treatment and Sonication on Quality Attributes of Chokanan Mango (*Mangifera indica* L.) Juice", Ultrasonics Sonochemistry, 20 (5):1276-1282.

[8] Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Hashim, M.M., Lei, S., Wu, T. ve Zeng, X., (2015). "Exploring the Potential of Thermosonication in Carrot Juice Processing", Journal of Food Science and Technology, 52 (11) : 7002-7013.

[9] Guerrouj, K., Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R.M. ve Marín-Iniesta, F., (2016). "Sonication at Mild Temperatures Enhances Bioactive Compounds and Microbiological Quality of Orange Juice", Food and Bioproducts Processing, 99: 20-28.

[10] Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M.M., Awad, F. N., Hu, B., Lei, S. ve Zeng, X., (2015). "Quality Assessment of Pear Juice Under Ultrasound and Commercial Pasteurization Processing Conditions", LWT- Food Science and Technology, 64: 452-458.

[11] Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M.M., Wu T., Lei, S., Khan, M.A. ve Zeng, X., (2014). "Thermosonication as a Potential Quality Enhancement Technique of Apple Juice", Ultrasonics Sonochemistry, 21: 984-990.

[12] Sulaiman, A., Farid, M. ve Silva, F.V.M., (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.

[13] Zafra-Rojas, Q.Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J. ve Alanís-García, E., (2013). "Effects of Ultrasound Treatment in Purple Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Juice", Ultrasonics Sonochemistry, 20 (5): 1283-1288.

[14] Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X. ve Liu, R.H., (2002). "Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50 (25): 7449–7454.

[15] Agudo, A., (2004), Measuring Intake of Fruit and Vegetables, http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/f%26v_intake_measurement.pdf, 15 Kasım 2017.

[16] Yücecan, S., (1979). "Hazır Meyve Sularının Kaliteleri ve Besin Değerleri", Gıda, 4 (6): 213-221.

[17] T.C. Ekonomi Bakanlığı, Yaş Meyve ve Sebze Sektörü Raporu, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-235628 , 18 Kasım 2017.

[18] T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Bügem Faaliyetleri, http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf, 18 Kasım 2017.

[19] AKİB, Yaş Meyve ve Sebze Sektörü Türkiye Geneli Değerlendirme Raporu, http://www.akib.org.tr/files/downloads/ArastirmaRaporlari/YSM/ocak-aralik-2016.pdf , 18 Kasım 2017.

[20] Artık., N., (2015), Meyve Suyu Konusunda Hatalı Bilgiler ve Bilimsel Gerçekler, http://gidaguvenligi.ankara.edu.tr/2015/12/24/meyve-suyu-konusunda-hatali-bilgiler-ve-bilimsel-gercekler-prof-dr-nevzat-artik/ , 19 Kasım 2017.

[21] T.C. Ekonomi Bakanlığı, Meyve Suları Sektörü Raporu, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-232257 , 18 Kasım 2017.

[22] Yılmaz, N., (2008), Meyve Suları, http://www.ithalatihracat.biz/FileUpload/bs408090/File/igmmeyvesulari.pdf , 19 Kasım 2017.

[23] Meyed, Türkiye'de Ne Kadar Meyve Suyu Tüketiliyor?, http://www.meyed.org.tr/tr/bilgi-merkezi/sikca-sorulan-sorular , 19 Kasım 2017.

[24] DPT, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Meyvecilik Alt Komisyon Raporu, DPT: 2649 - ÖİK: 657, Ankara.

[25] Janick, J., Cummins, J.N., Brown, S.K. ve Hemmat, M., (1996). Fruit Breeding, Cilt 1, John Wiley & Sons, Inc., Kanada.

[26] Özongun, Ş., Dolunay, E.M., Öztürk, G. ve Pektaş, M., (2014). "Eğirdir (Isparta) Şartlarında Bazı Elma Çeşitlerinin Performansları", Meyve Bilimi, 1 (2): 21-29.

[27] Kaya, D., (2010). Elma Suyu Konsantresi Üretiminde Renk Stabilizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

[28] Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Zemser, M., Weisz, M., Trakhtenberg, S. ve Martín-Belloso, O., (2001). "Comparative Content of Dietary Fiber, Total Phenolics, and Minerals in Persimmons and Apples", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49 (2): 952–957.

[29] Bayav, A., Konak, K., Karamürsel, D. ve Öztürk, F.P., (2005). "Türkiye' de Elma Üretimi, Pazarlaması ve Dış Satımı", IV. GAP Tarım Kongresi, Cilt 1 (Bildiriler): 427-437, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa.

[30] Demir, Ü., (2015). Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı Yaş Sebze Meyve Sektör Raporu, http://www.dogaka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.dogaka.gov.tr_621_FB8B45NT_Yas-Sebze-Meyve-Sektor-Raporu-2015.pdf , 19 Kasım 2017.

[31] TÜİK, Elma Üretimi 2016 , http://www.medyakdeniz.com/gundem/elma-uretimi-2016-sampiyonu-isparta-h12938.html , 19 Kasım 2017.

[32] Artık, N., Cemeroğlu, B., Aydar, G. ve Sağlam, N., (1992). "Elma Suyu Konsantresi Üretiminde Aktif Kömür Kullanımı Üzerine Araştırmalar", TÜBİTAK Proje No: TOAG-753.

[33] Cemeroğlu, B. ve Karadeniz, F., (2001). "Meyve Suyu Üretim Teknolojisi", Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 25: 384, Ankara.

[34] Oszmianski, J., Wolniak, M., Wojdylo, A. ve Wawer, I., (2007). "Comparative Study of Polyphenolic Content and Antiradical Acitivity of Cloudy and Clear Apple Juices", Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 573-579.

[35] Çetinkaya, Ö., (2005). Jelatin ve Bentonit ile Ön Floklaştırmanın Elma Suyunun Ultrafiltrasyon Performansı Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[36] Arpaç, Ş., (2006). Elma Suyu Üretiminde Uygulanan İşlemlerin Galakturonik Asit İçeriğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

[37] AIJN, *(*1996*).* Code of Practice for Evaluation of Fruit and Vegetable Juices, European Fruit Juice Association, Brussels.

[38] Telatar, K.Y., (1985). "Elma Suyu ve Konsantrelerinde Hidroksimetilfurfural (HMF), I. Farklı Elma Çeşitlerinin Elma Suyu ve Konsantresine İşlenmesi Süresinde HMF Oluşumu" , Gıda, 10 (4): 195-201.

[39] Paterson, R.R.M., Archer, S., Kozakiewicz, Z., Lea, A., Locke, T., and O'Grady, E. (2000). "A Gene Probe for the Patulin Metabolic Pathway with Potential for Use in Patulin and Novel Disease Control", Biocontrol Science and Technology, 10: 509- 512.

[40] Wheeler, J.L., Harrison, M.A. ve Koehler, P.E. (1987). "Presence and Stability of Patulin in Pasteurized Apple Cider", Journal of Food Science, 52 (2): 479-480.

[41] Baert, K., De Meulenaer, B., Kasase, C., Huyghebaert, A., Ooghe, W. ve Devlieghere, F., (2007). "Free and Bound Patulin in Cloudy Apple Juice", Food Chemistry, 100 (3): 1278-282.

[42] European Comission Regulation No:1881/2006, Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&rid=1, 19 Ocak 2018.

[43] T.C. Resmi Gazete, Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. (28157 3.Mükerrer), 29.12.2011, EK-1.

[44] Yılmaz, Ş., (2005). Farklı Durultma Proseslerinin Elma Suyu Üretiminde Fumarik Asit Miktarına ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

[45] IFFJP, (1974). International Federation of Fruit Juice producers methods, Zurich.

[46] Creumiére, F., (2000). Inhibition of Enzymatic Browning in Food Products Using Bio-Ingredients, Master Thesis, McGill University, Quebec (Canada).

[47] Önez, Z., (2006). Üzümden (*Vitis vinifera* L.) İzole Edilen Polifenol Oksidaz Enziminin Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[48] Yılmaz, E., (2007). İspir Şeker Fasulyesinden Elde Edilen Polifenol Oksidaz Enziminin Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

[49] Acar, J. ve Gökmen, V., (2000). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt 1 – Meyve ve Sebze Suları Üretimi, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.

[50] Stahle-Hamatschek, S., (1989). "Cloud Composition and Its Effect on Cloud Stability in Natural Cloudy Apple Juices" Flussiges Obst, 56 (9): 543-548.

[51] Güngör, N., (2007). Dut Pekmezinin Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri ile Antioksidan Aktivitesi Üzerine Depolamanın Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

[52] Karadeniz, F. ve Ekşi, A., (2001). "Elma Suyunda Fenolik Madde Dağılımı Üzerine Araştırma", Tarım Bilimleri Dergisi, 7 (3): 135-141.

[53] Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D. ve Mattivi, F., (2004). "Quantitation of Polyphenols in Different Apple Varieties", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52 (21): 6532-6538.

[54] Murthy, K.N.C, Jayaprakasha, G.K. ve Singh, R.P., (2002). "Studies on Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel Extract Using in Vivo Models" Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 4791-4795.

[55] Apaydın, E., (2008). Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antioksidan Aktivitedeki Değişimler, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[56] Büyüktuncel, E., (2013). "Toplam Fenolik İçerik ve Antioksidan Kapasite Tayininde Kullanılan Başlıca Spektrofotometrik Yöntemler", Marmara Pharmaceutical Journal, 17: 93-103.

[57] T.C. Resmi Gazete, Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği. (29080), 06.08.2014, 36.

[58] Jensen, N., (2000). "*Alicyclobacillus* in Australia", Food Australia, 52 (7): 282-285.

[59] Cemeroğlu, B. ve Karadeniz, F., (2009). Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. Cilt 1 - Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 38, Ankara.

[60] Tetik, N., Turhan, İ. ve Karhan M., (2006). "Berrak Meyve Suyu ve Konsantrelerinde Sonradan Bulanma ve Önlemleri", Türkiye 9.Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 503-506.

[61] Khan, M.K., Ahmad, K., Hassan, S., Imran, M., Ahmad, N. ve Xu, C., (2018)."Effect of Novel Technologies on Polyphenols During Food Processing", Innovative Food Science and Emerging Technologies, 45: 361–381.

[62] Deliza, R., Rosenthal, A., Abadio, F.B.D., Silva, C.H.O. and Castillo, C., (2005)."Application of High Pressure Technology in the Fruit Juice Processing: Benefits Perceived by Consumers", Journal of Food Engineering, 67(1-2): 241-246.

[63] Arıcı, M., (2006). "Gıda Muhafazasında Yüksek Hidrostatik Basıncın Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi", Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(1): 41-49.

[64] Farkas, D.F. and Hoover, D.G., (2000). "High Pressure Processing: Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies", Journal of Food Science. 65 (Supplement s8): 47-64.

[65] İbanoğlu, E. ve İbanoğlu, Ş., (2003). "Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Mısır Nişastasının Jelatinizasyonu Üzerine Etkileri", Gıda, 28 (3): 273-276.

[66] Açu, M., Yerlikaya, O. ve Kınık, Ö., (2014). "Gıdalarda Isıl Olmayan Yeni Teknikler ve Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri", Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi, 14: 23-35.

[67] Çelik, P., (2014). Elma Suyunun Atımlı Elektrik Alan ile Pastörizasyonu ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.

[68] Aguilar-Rosas, S. F., Ballinas-Casarrubias, M. L., Nevarez-Moorillon, G. V., Martin-Belloso, O. ve Ortega-Rivas, E., (2007). "Thermal and Pulsed Electric Fields Pasteurization of Apple Juice: Effects on Physicochemical Properties and Flavour Compounds", Journal of Food Engineering, 83 (1): 41–46.

[69] Bilek, S.E., (2010). "Vurgulu Elektrik Alan (PEF) Teknolojisi", Akademik Gıda, 8 (3): 33-37.

[70] Koutchma, T.N., Forney, L.J. ve Moraru, C.I., (2009). "Ultraviolet Light in Food Technology", Principles and Applications. CRC Press, Florida (USA).

[71] Miller, R., Jeffrey, W., Mitchell, D. ve Elasri M., (1999). "Bacterial Responses to Ultraviolet Light", ASM News, 65 (8): 535- 541.

[72] Guerrero-Beltrán, J.A. ve Barbosa-Cánovas, G.V., (2005). "Reduction of *Saccharomyces cerevisae, Escherichia coli,* and *Listeria innocua* in Apple Juice by Utraviolet Light", Journal of Food Process Engineering, 28 (5): 437–452.

[73] T.C. Resmi Gazete, Gıda Işınlama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik. (24907), 15.10.2002.

[74] Sádecká, J., (2007). " Irradiation of spices – a review", Czech Journal of Food Sciences, 25 (5): 231–242.

[75] Atasever, M.A ve Atasever, M., (2007). "Işınlamanın Gıda Teknolojisinde Kullanımı", Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 2 (3): 107-116.

[76] Torley, P.J. ve Bhandari, B.R., (2007). "Ultrasound in Food Processing and Preservation", Handbook of Food Preservation, Ed: M. Shafiur Rahman, Second Edition, CRC Press, Florida (USA).

[77] Başlar, M., (2011). Ultrases, Fotosonikasyon ve Vurgulu Elektriksel Alan İşlemlerinin Elma Suyunun Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

[78] Feng, H. ve Yang, W., (2011). "Ultrasonic Processing", Nonthermal Processing Technologies for Food, Eds: H.Q. Zhang, G.V. Barbosa-Cánovas, V.M. Balasubramaniam, C.P. Dunne, D.F. Farkas and J.T.C. Yuan. Blackwell Publishing Ltd., USA.

[79] Mason, T.J., Paniwnyk, L. ve Chemat, F., (2003). "Ultrasound As a Preservation Technology", Food Preservation Techniques, Eds: P. Zeuthen and L. Bøgh-Sørensen. CRC Press, Florida (USA).

[80] Weiss, J., Gulseren, I. ve Kjartansson, G., (2011). "Physicochemical Effects of High-Intensity Ultrasonication on Food Proteins and Carbohydrates", Nonthermal Processing Technologies for Food, Eds: H.Q. Zhang, G.V. Barbosa-Cánovas, V.M. Balasubramaniam, C.P. Dunne, D.F. Farkas and J.T.C. Yuan. Blackwell Publishing Ltd., USA.

[81] Ohlsson, T. ve Bengtsson, N., (2002). "Minimal Processing of Foods with Non-thermal Methods", Minimal Processing Technologies in the Food Industry, Eds: T. Ohlsson and N. Bengtsson. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Florida (USA).

[82] Capelo, J. L., Filgueiras, A. V., Lavilla, I. ve Bendicho, C.**,** (1999). "Solid–liquid Extraction of Copper from Slurried Samples Using High Intensity Probe Sonication for Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry", Talanta, 50 (4): 905-911.

[83] Santos, H.M., Lodeiro, C., ve Capelo-Martinez, J.L., (2009). "The Power of Ultrasound", Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications, Ed: José-Luis Capelo-Martínez, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

[84] Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. ve Lee D.U., (2004). "Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing" Trends in Food Science&Technology, 15 (5): 261-266.

[85] Özoğlu, H. ve Bayındırlı, A., (2002). "Inhibition of Enzymatic Browning in Cloudy Apple Juice with Selected Antibrowning Agents", Food Control, 13 (4-5): 213-221.

[86] Tajchakavit, S., Boye, J.I. ve Couture, R., (2001). "Effect of Processing on Post-bottling Haze Formation in Apple Juice", Food Research International, 34(5): 415-424.

[87] Singleton, V.L. ve Rossi, J.A., (1965). "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents", American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

[88] Tekin, Z.H., (2015). Biberlerin Kurutulmasında Kalite Özelliklerinin İyileştirilmesi Amacıyla Ultrason Destekli Vakum Kurutma Yönteminin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[89] Başlar, M. ve Ertugay, M.F., (2013). "The Effect of Ultrasound and Photosonication Treatment on Polyphenoloxidase (PPO) Activity, Total Phenolic Component and Colour of Apple Juice", International Journal of Food Science and Technology, 48: 886–892.

[90] Kuldiloke, J., (2002). Effect of Ultrasound, Temperature and Pressure Treatments on Enzyme Activity and Quality Indicators of Fruit and Vegetable Juices, PhD thesis, Technischen Universität Berlin, Germany.

[91] Irkilmez, M.U., Başlar, M., Sağdiç, O., Arici, M. ve Ertugay, M.F., (2017). "The Effect of Ultrasonic Treatments on Turbidity, Microbial load, and Polyphenol Oxidase (PPO) Activity of Plum Nectar", Journal of Food Measurement and Characterization, 11 (2): 380-387.

[92] Mawson, R., Gamage M., Terefe, N.S. ve Knoerzer, K., (2011). "Ultrasound in Enzyme Activation and Inactivation", Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, Eds: H. Feng, G.V. Barbosa-Canovas and J. Weiss. Springer, New York.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Cafer DEMİRTAŞ

Doğum Tarihi ve Yeri : 15.08.1986, Şanlıurfa

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : caferdemirtas@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	Gıda Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lisans	Gıda Mühendisliği	Gaziantep Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	Kocamustafapaşa Lisesi	2004

YAYINLARI

Bildiri

1. Demirtaş C., Başlar M. ve Toker Ö.S., (2017). "Effect of Thermosonication Process on Quality Parameters of Apple Juice During Shelf Life", Third International Conference on Advances in Mechanical Engineering: ICAME 2017, 19-21 Aralık 2017, 523-527.